



UPPSALA  
UNIVERSITET

Självständigt arbete i informationsteknologi  
14 juni 2018

# Positioneringssystem för aktivitetsbaserade arbetsplatser

---

Alexander Backlund  
Sebastian Gustafsson  
Albin Hjelm



UPPSALA  
UNIVERSITET

Institutionen för  
informationsteknologi

Besöksadress:  
ITC, Polacksbacken  
Lägerhyddsvägen 2

Postadress:  
Box 337  
751 05 Uppsala

Hemsida:  
<http://www.it.uu.se>

Abstract

## Positioneringssystem för aktivitetsbaserade arbetsplatser

---

Alexander Backlund  
Sebastian Gustafsson  
Albin Hjelm

Many companies and organisations nowadays chose to transfer from an office structure consisting of employee dedicated offices into having a more open and office free structure. With that transition some difficulties occur in locating coworkers when you want to meet them. This is because they now have the opportunity to choose workplace more freely. Because of this, employees loses productivity and spend unnecessary time and energy on locating coworkers. This project's intent is to make this transition easy, non time consuming and available only by using existing information and technology at the workplace. This is to be provided via a web application at which users can locate their co-workers. The system presented in this report uses the fingerprinting technique to estimate a users position and can position a user with an error of approximately five meters.

Handledare: Mats Daniels, Anne-Kathrin Peters och Björn Victor  
Examinator: Björn Victor

## Sammanfattning

Många företag och organisationer väljer nuförtiden att övergå från en kontorsstruktur bestående av dedikerade kontorsplatser för var och en av medarbetarna till en öppnare och mer kontorsfri struktur. Med den övergången tillkommer vissa problem med att hitta enskilda medarbetare eftersom de nu har möjlighet att välja arbetsplats friare. På grund av detta tappar de anställda i produktivitet eftersom de behöver spendera onödig tid på att lokalisera sina kollegor. En kontorsstruktur där medarbetarna väljer arbetsplats utifrån arbetsuppgift kallas för en aktivitetsbaserad arbetsplats. Det här projektets intention är att göra övergången till en aktivitetsbaserad arbetsplats enkel, icke tidskrävande och möjlig genom att endast använda befintlig teknik och information på arbetsplatsen. Medarbetarnas position presenteras via en webbapplikation där varje användare enkelt kan lokalisera sina medarbetare. Systemet som presenteras i denna rapport använder sig av fingerprintingteknik för positionsbestämning inomhus och kan positionera en användare med cirka fem meters felmarginal.

# Innehåll

<b>1</b>	<b>Introduktion</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Bakgrund</b>	<b>2</b>
2.1	Aktivitetsbaserad verksamhet . . . . .	2
2.2	Uppsala Kommun . . . . .	2
2.3	Skype for Business . . . . .	3
2.4	Problem med GPS-tekniken . . . . .	3
2.5	Integritets- och säkerhetsmässiga aspekter vid inomhuspositionering på arbetsplatser . . . . .	4
2.5.1	Säkerhetsmässiga aspekter . . . . .	4
2.5.2	Etiska aspekter . . . . .	4
2.5.3	General Data Protection Regulation . . . . .	5
2.5.4	Fackliga aspekter . . . . .	6
<b>3</b>	<b>Syfte, mål, och motivation</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>Avgränsningar</b>	<b>7</b>
<b>5</b>	<b>Relaterat arbete</b>	<b>7</b>
5.1	Trilateration . . . . .	8
5.2	AnyPlace . . . . .	8
<b>6</b>	<b>Metoder</b>	<b>9</b>
6.1	Recieved Signal Strength Indication . . . . .	9
6.2	Fingerprinting . . . . .	10
6.3	Referenspunkter i samband med fingerprintingmetoden . . . . .	10

6.4	Metod för positionsbestämning, K Nearest Neighbor . . . . .	11
6.5	Applikationsutveckling för Android . . . . .	11
6.6	Programmeringsspråk vid utveckling av skriptet för klientenheterna . . .	12
6.7	Relationella databaser samt python-interface för databasåtkomst . . . . .	12
6.8	Webbapplikation för presentation av positionsinformation . . . . .	13
<b>7</b>	<b>Systemstruktur</b>	<b>13</b>
7.1	Delsystem som kopplar nätverksinformation med en plats . . . . .	14
7.2	Delsystem som beräknar positionen . . . . .	15
7.3	Delsystem som presenterar position . . . . .	15
7.4	Databasen som håller användare och positionsinformation . . . . .	15
<b>8</b>	<b>Krav och utvärderingsmetoder</b>	<b>16</b>
8.1	Skanningsapplikation för referenspunkter . . . . .	16
8.2	Krav på positionsbestämning . . . . .	16
8.3	Användarvänlighet i webbapplikationen . . . . .	17
<b>9</b>	<b>Implementation av systemet</b>	<b>17</b>
9.1	Applikation för skanning vid referenspunkter . . . . .	17
9.2	Skript för positionsbestämning . . . . .	23
9.2.1	Registrera vilken användare som kör skriptet . . . . .	23
9.2.2	Hämta information om referenspunkter från databasen . . . . .	23
9.2.3	Utföra skanning av nätverksinformation . . . . .	24
9.2.4	Algoritmer för positionsbestämning . . . . .	25
9.2.5	Uppdatera databasen med klientenhetens position . . . . .	31

9.3	Databasens uppbyggnad . . . . .	31
9.3.1	Tabell för referenspunkter . . . . .	31
9.3.2	Relationella tabeller för användare och deras position . . . . .	32
9.4	Webbapplikation för presentation av användares position . . . . .	33
<b>10</b>	<b>Utvärderingsresultat</b>	<b>39</b>
<b>11</b>	<b>Resultat och diskussion</b>	<b>40</b>
11.1	Våningstest hos Uppsala kommun . . . . .	41
11.2	Områdestest hos Uppsala Kommun . . . . .	44
<b>12</b>	<b>Diskussion</b>	<b>48</b>
<b>13</b>	<b>Slutsatser</b>	<b>49</b>
<b>14</b>	<b>Framtida arbete</b>	<b>50</b>

# 1 Introduktion

Fler och fler företag och organisationer väljer idag att övergå från kontorsbaserade till aktivitetsbaserade arbetsplatser. Idén med en aktivitetsbaserad arbetsplats är att arbetsytorna öppnas upp och delas in i områden snarare än mindre kontor. Ett problem med denna typ av miljö är att det är svårt att veta var sina medarbetare befinner sig. En lösning till detta problem är systemet som presenteras i denna rapport.

Systemet består av tre delsystem. Det första delsystemet är en mobilapplikation som används för att i förhand registrera information om den befintliga nätverksmiljön på arbetsplatsen och spara denna i en databas. För inomhuspositioneringen används i det här projektet en teknik som kallas fingerprinting. Vid fingerprinting tillkommer en inlärningsfas där referenspunkter mäts ut på de platser där inomhuspositionering ska vara möjligt. Vid varje referenspunkt analyseras den trådlösa nätverksmiljön och information om varje referenspunkt sparas för att det senare kunna gå att positionsbestämma enheter i dessa områden. Mobilapplikationen används endast för att analysera och registrera information om dessa referenspunkter. Det andra delsystemet är ett program som varje användare av systemet kommer att köra på sin egen dator. Detta program använder informationen genererad av mobilapplikationen för att positionsbestämma användaren. Efter att programmet positionsbestämt en användare skickar programmet användarens position till databasen. Användarnas positioner kommer därefter att visas i en webbapplikation som hämtar positioneringsinformationen från databasen. För alla användare ges en möjlighet att i webbapplikationen välja att inte visa sin position. En undersökning om huruvida Skype for Business skulle kunna erbjuda en möjlighet för att presentera information om användares positioner utfördes. Tyvärr saknade vår intressents version av Skype denna funktionalitet. På grund av avsaknaden av den funktionaliteten gjordes valet att utveckla ett eget presentationsinterface och projektet utfördes utan någon samverkan med Skype.

Systemet kan positionera en användare utifrån vilket våningsplan de befinner sig på med en träffsäkerhet på 100% i de lokaler som testerna utfördes i. Systemet kan också positionera en användare inom ett områden på samma våningsplan med en träffsäkerhet på fem meters marginal. Om en användare befinner sig mindre än fem meter in i ett specificerat område positionerar systemet i vissa fall användaren till det angränsande området.

## 2 Bakgrund

I bakgrunden förklaras först vad som menas med en aktivitetsbaserad verksamhet (ABV). Därefter beskrivs detta projekts externa intressent, Uppsala kommun. Uppsala kommun har under de senaste åren påbörjat en övergång till ABV. Uppsala Kommun använder i sin dagliga verksamhet Skype for business (SFB) som kommunikationsverktyg och har uttryckt ett önskemål om att kunna integrera ett positioneringssystem i SFB. SFB beskrivs utförligare i sektion 2.3 nedan. Därefter tas några problem upp som gäller specifikt för inomhuspositionering. Avslutningsvis redogörs för vissa integritets- och säkerhetsmässiga aspekter som vi har tagit hänsyn till under utvecklingen av detta system.

### 2.1 Aktivitetsbaserad verksamhet

Madeleine Stjärne, författaren till skriften “Aktivitetsbaserade arbetsplatser i offentlig sektor” [26], beskriver aktivitetsbaserade arbetsplatser på så sätt att de erbjuder medarbetare en varierad arbetsmiljö. Hon hävdar att syftet med ABV är att medarbetare inte ska behöva vara bundna till ett specifikt skrivbord utan istället kunna välja den mest ändamålsenliga arbetsplatsen utifrån den aktuella arbetsuppgiften.

Madeleine Stjärne försätter beskriva att då en organisation väljer att övergå till en aktivitetsbaserad arbetsplats delas arbetsplatsen in i olika miljöer som stödjer de olika arbetsuppgifterna som ska utföras, såväl individuella arbeten som grupparbeten. En sådan uppdelning görs baserat på resultatet av en verksamhetsanalys. I en verksamhetsanalys analyseras hur arbetsplatsen har använts tidigare. De viktigaste parametrarna att undersöka vid en verksamhetsanalys är vilka arbetsuppgifter som utförs, var de utförs och hur ofta de utförs. Det är vanligt att arbetsplatsen delas upp i olika zoner. Exempel på zoner kan enligt Madeleine Stjärne vara tysta zoner och möteszoner. Medarbetarna söker sig då till den zon de tycker passar bäst för dagens arbete [26].

Enligt Lisbeth Slunga Järholm, forskare vid Umeå universitet, passar inte ett aktivitetsbaserat kontor alla [9]. Inte alla sorters arbetsuppgifter fungerar optimalt då arbetarna lätt kan bli störda. Vissa arbetsuppgifter kräver en högre koncentrationsnivå, vilket kan vara svårt i ett öppet kontorslandskap.

### 2.2 Uppsala Kommun

Uppsala Kommun har i det här projektet en roll som extern intressent. De är i ett skede där de övergår till aktivitetsbaserade arbetsplatser på många av deras kontor runt om



i Uppsala. Det innebär att ett par tusen personer kommer att kunna välja friare var de vill utföra sina arbetsuppgifter. Uppsala Kommun har uttryckt ett behov av att deras medarbetare snabbt ska kunna se var deras kollegor befinner sig. Det är vår förhoppning att de ska kunna utnyttja det här systemet för att uppfylla deras behov.

## 2.3 Skype for Business

SFB är ett kommunikationsmedel som används av många företag och organisationer. SFB erbjuder funktionalitet såsom realtidssamtal, videomöten och chattfunktioner. SFB erbjuder även en möjlighet att konfigurera en egen platsdatabas på SFBs server [19]. Det är en funktion som har undersökts huruvida den är lämplig att använda i detta projekt. När SFBs platsdatabas är populär med nätverksinformation om varje område på organisationens arbetsplatser kan en medarbetares position bestämmas med hjälp av vilket nätverk medarbetaren är ansluten till. Denna information visas under användarens namn i SFBs användargränssnitt och är då synlig för andra Skypeanvändare i samma SFB-organisation [18]. Detta gör att användare i SFB enkelt kan lokalisera varandra.

Skype erbjuder två olika versioner av tjänsten SFB. Den ena varianten, *SFB Online* är en molnbaserad tjänst som inte kräver några fysiska servrar hos användaren [20]. Den andra varianten, *SFB Server* kräver fysiska servrar hos användaren [21]. Funktionaliteten för de två olika versionerna skiljer sig delvis åt och intressenten i det här projektet (Uppsala Kommun) hade som önskemål att det utfördes en undersökning huruvida funktionaliteten med en platsdatabas i SFB var möjligt i deras fall. Uppsala kommun använder SFB Online.

## 2.4 Problem med GPS-tekniken

Global Positioning System (GPS) är en teknik som ägs av den Amerikanska staten och underhålls av USA:s flygvapen [23]. Vid utomhuspositionering har GPS-tekniken utgjort en generell möjlighet till att bestämma en position med i de flesta fall godtagbar precision, ca 4 meters felmarginal [22]. GPS är ett system bestående av 24 satelliter som kretsar kring Jorden. Satelliterna sänder ut radiosignaler med information om deras position och en exakt tidpunkt då de sänder signalen. Mottagare i form av smartphones och liknande enheter fångar upp signaler från de satelliter som befinner sig inom räckhåll och använder sig av satelliternas tid och plats-information för att med hjälp av geometri avgöra var på planeten de befinner sig [23].

Problemen med GPS-tekniken är enligt National Coordination Office for Space-Based Positioning (NCOSBP) att precisionen försämras då mottagarna befinner sig i närhe-

ten av byggnader [22]. Anledningen är enligt NCOSBP att signalerna från satelliterna reflekteras när de kommer i kontakt med byggnader. De anser inte GPS-positionering som tillförlitlig då mottagaren befinner sig inomhus eller under jord. Detta gör att andra tekniker måste användas för inomhuspositionering.

## **2.5 Integritets- och säkerhetsmässiga aspekter vid inomhuspositionering på arbetsplatser**

Ett system för inomhuspositionering på arbetsplatser innebär att information om medarbetares positioner kan exponeras för ett stort antal personer. Det är inte självklart att detta är önskvärt i alla situationer på en arbetsplats. I detta avsnitt redogörs för de integritets- och säkerhetsmässiga aspekter som hafts i åtanke under utveckling av detta system.

### **2.5.1 Säkerhetsmässiga aspekter**

Då många företag och organisationer har säkerhetsmässiga överväganden att ta hänsyn till är det viktigt att systemet inte bidrar till att säkerheten för medarbetarna i en organisation försämras vid användning av systemet. Då systemet har som uppgift att göra det lättare att lokalisera personal på arbetsplatser kan säkerhetsrisker uppstå. Om det är möjligt för utomstående personer att ta del av information om var personal befinner sig kan det leda till säkerhetsproblem. I Uppsala kommuns fall finns ett konkret exempel på den typen av säkerhetsproblem. Det arbetar många politiker inom Uppsala kommun och politiker är en yrkesgrupp som ofta blir utsatta för våld eller hot om våld. Om systemet bidrar till att det går att tillskansa sig deras exakta position utsätter systemet eventuellt dem för risker som inte skulle uppstå utan systemet.

### **2.5.2 Etiska aspekter**

Ur ett etiskt perspektiv finns också vissa frågeställningar som blir viktiga att ha i åtanke under systemets utveckling. Ska systemet till exempel göra det möjligt att öka kontrollen över medarbetarna genom att deras position alltid är känd? Är det lämpligt att föra statistik över var medarbetare befinner sig vid olika tidpunkter? Eftersom syftet med det här projektet är att underlätta för personal som arbetar på aktivitetsbaserade arbetsplatser är förhoppningen att systemet också ska användas med det syftet. Eftersom det finns en möjlighet att chefer eller andra ledande personer använder systemet för att öka kontrollen över personalen är det viktigt att det i systemet går att till exempel välja att dölja sin position.

### 2.5.3 General Data Protection Regulation

General Data Protection Regulation (GDPR) [3] är en ny Europeisk Lagstiftning som gäller alla medlemsländer i EU och träder i kraft den 25 maj 2018. Lagstiftningen reglerar hantering av personuppgifter och har som syfte att stärka individens rättigheter då företag och organisationer hanterar personuppgifter [14, 3]. Individer har nu rätt att ta ett ärende som gäller personuppgiftshantering till en rättsprocess mot företag som de anser ha brutit mot de krav som GDPR innebär. Myndigheten Datainspektionen i Sverige har nu möjlighet att utdela böter till organisationer och företag som de anser bryter mot de nya lagarna. Det högsta bötesbeloppet som kan utdömas är 4% av global årsomsättning eller 20 miljoner Euro [14].

GDPR inkluderar vissa regler som i Sverige sedan tidigare reglerats i personuppgiftslagen (PUL). De likheter som finns är bland annat kravet på samtycke och rätten för en individ att få ta del av hur personuppgifter behandlas. PUL utgår den 25 maj 2018 i sin helhet och ersätts av GDPR [3].

Några av de viktigaste nyheterna som detta innebär för den enskilda individen är enligt Datainspektionen [3]:

**Dataportabilitet.** Dataportabilitet innebär att individer ska ha rätten att få ut de personuppgifter de lämnat för att kunna flytta de till en annan tjänst.

**Konsekvensbedömning.** Konsekvensbedömning innebär att innan någon planerar att hantera personuppgifter ska det undersökas vilka risker hanteringen skulle kunna innebära för individen och hur dessa risker ska kunna förebyggas.

**Anmälningsskyldighet.** Anmälningsskyldighet innebär att vid dataintrång eller dataförlust måste de drabbade informeras och en anmälning måste göras till Datainspektionen inom 72 timmar.

**Dataskyddsombud.** Innebörden av kravet på ett dataskyddsombud är att varje företag eller organisation som hanterar känsliga personuppgifter måste ha ett dataskyddsombud som hanterar frågor gällande dataskydd.

**Sanktionsavgift.** Sanktionsavgift innebär att Datainspektionen vid överträdelse av dessa regler har rätt att utdela böter i förhållande till hur allvarlig överträdelsen anses vara.

**Missbruksregeln.** Missbruksregeln är en regel som funnits i PUL och har inneburit att vissa personuppgifter får behandlas så länge de inte anses kunna vara kränkande för någon. Denna regel försvinner i och med att GDPR börjar gälla.

Enligt en av IT-strategerna hos Uppsala Kommun innebär den nya lagen att många före-

tag och organisationer, inklusive Uppsala Kommun, kommer behöva genomgå ett omfattande arbete för att säkerställa att de nya kraven för hantering av personuppgifter uppfylls. Därmed har det också varit vår avsikt att systemet ska uppfylla alla de krav på personuppgiftshantering som den nya lagen ställer.

#### 2.5.4 Fackliga aspekter

Under ett möte med en företrädare för Uppsala Kommun uppkom även frågan om hur Fackförbunden kan tänkas ställa sig till att medarbetares position registreras. Oavsett hur olika fackförbund kan komma att ta ställning till registrering av medarbetares position så är det en frågeställning som bör reflekteras över när systemet designas.

### 3 Syfte, mål, och motivation

Syftet med det här projektet är att utveckla ett enkelt och effektivt positioneringssystem för företag och organisationer som vill övergå till ABV. Systemet ska möjliggöra för medarbetare att enkelt kunna se var deras kollegor befinner sig. Projektet motiveras av att många företag och organisationer övergår till ABV. Uppsala Kommun har påbörjat en sådan övergång och har uttryckt ett behov av att medarbetare snabbt och enkelt ska kunna se var deras kollegor befinner sig. Uppsala kommun har arbetsplatser på ett flertal adresser runt om i Uppsala och upplever det för tillfället som ett problem att medarbetare har svårt att lokalisera varandra. Uppsala Kommuns medarbetare använder sig av SFB som kommunikationsmedel (se sektion 2.3) och har framfört ett önskemål att det direkt i SFB-applikationen ska gå att se var en medarbetare befinner sig.

Målet är att erbjuda ett system som såväl Uppsala Kommun som andra företag och organisationer som vill övergå till ABV ska kunna använda sig av. Systemet ska vara enkelt att introducera, enkelt att använda och enkelt att underhålla. I första hand ämnar vi att undersöka huruvida det är möjligt att utveckla ett system som går att integrera med SFB. SFBs roll blir isåfall att vara den del av systemet som presenterar information om var användare befinner sig. Visar det sig att en integration med SFB inte är genomförbar är andrahandsalternativet att utveckla ett separat system för att presentera informationen.

Målsättningen i ett prestandamässigt avseende är att användarna, då systemet är integrerat på arbetsplatsen, ska kunna se på vilken geografisk adress, vilken våning och i vilket område på den våningen som en kollega befinner sig. Uppsala Kommun har önskat en precision med max 10 meters felmarginal.

Vår förhoppning är att det här systemet ska kunna lösa några av de praktiska problem

som uppstår för företag och organisationer som övergår till aktivitetsbaserade arbetsplatser. Förhoppningsvis kan detta också leda till att företag som överväger att övergå till ABV kommer känna mindre oro över att det dagliga arbetet behöver störas av problem med att hitta sina medarbetare.

## 4 Avgränsningar

På grund av en begränsad tidsram för det här projektet har vissa avgränsningar varit tvungna att göras. Systemet använder endast fingerprintingtekniken för positionsbestämning (se sektion 6.2). Det finns ytterligare tekniker som skulle kunnat användas i kombination med fingerprintingtekniken för att ge bättre precision, till exempel trilateration (se sektion 5.1).

Ytterligare en avgränsning är att mobilapplikationen endast fungerar för Androidtelefoner. Vi ansåg att det var lämpligare att utveckla applikationen för Android eftersom vi bedömde det som enklare att publicera en Androidapplikation jämfört med till exempel en Iphoneapplikation. Den enda åtgärden som krävs för att publicera en Androidapplikation är att ladda upp sin fungerande Android Package Kit. Android Package Kit är ett filformat som används för att distribuera applikationsprogram. Kostnaden för att publicera en Androidapplikation är en engångssumma jämfört med en Iphoneapplikation där det tillkommer en årlig avgift [7, 25]. För att kunna publicera en Iphoneapplikation behöver applikationen genomgå fler steg där applikationen har en risk att bli nekad. Applikationen måste även fungera enligt vissa specifika kriterier [1, 25].

En avgränsning gällande webbapplikationen är att den på grund av tidsbrist endast kommer vara utrustad med de mest väsentliga funktionerna. Vår intressent har redan en intern webbportal som de använder för andra arbetsuppgifter och som de i händelse av användning av detta system även vill använda för presentationen av positioneringsinformationen. Den information som kommer vara synlig i webbapplikationen är användarnas position.

## 5 Relaterat arbete

Det generella problemet med inomhuspositionering har lösts på olika sätt. Beroende på varför inomhuspositionering har varit relevant har angreppssättet för att lösa problemet varierat. Det finns vissa specifika tekniker som är återkommande bland andra system som finns idag och som erbjuder inomhuspositioneringsservice (IPS) [24]. En av de

vanligaste teknikerna vid IPS är triangulering (engelska: trilateration) [2]. Vid triangulering uppskattas minst tre avstånd till basstationer med kända koordinater och med hjälp av geometriska beräkningar uppskattas sedan en position. Triangulering beskrivs utförligare i sektion 5.1 nedan. En annan teknik som är vanligt förekommande i befintliga system för IPS är fingerprinting [24, 8]. Fingerprintingtekniken bygger i korthet på att den enhet som ska positionsbestämmas mäter signalstyrkor i närheten och jämför de mot en databas. Fingerprinting beskrivs utförligare i sektion 6.2 och är även en teknik som har använts i detta projekt.

## 5.1 Trilateration

Trilateration är en teknik som återkommer i flertalet system för inomhuspositioneringsservice (IPS). Vid trilateration mäter enheten som ska positionsbestämmas signalstyrkan för tre stycken intilliggande åtkomstpunkter eller routrar med kända koordinater. Genom att mäta signalstyrkan kan ett avstånd till varje åtkomstpunkt uppskattas. Formeln för att uppskatta detta avstånd är enligt B Cook m. fl [2].

$$P_r = P_t + 20\log\left(\frac{\lambda}{4\pi}\right) + 10n\log\left(\frac{1}{d}\right)$$

där:

$P_r$  = signalstyrkan hos mottagaren (dBm).

$P_t$  = styrkan hos sändaren.

$\lambda$  = våglängden.

$n$  = en konstant beroende på utrymmen.

$d$  = avståndet mellan mottagare och sändare.

En cirkel konstrueras därefter runt varje åtkomstpunkt med en radie motsvarande det uppmätta avståndet. Teoretiskt sett befinner sig då enheten där cirkelarna sammanstrålar. Ett problem med den här tekniken är att signalstyrkan påverkas av fysiska hinder i lokalerna och kan därmed resultera i inexactheter vid positionsbestämningen.

## 5.2 AnyPlace

AnyPlace är ett befintligt system som erbjuder inomhuspositioneringsservice samt inomhusnavigeringsservice [31]. För positionering av enheter vid inomhusnavigering använder sig AnyPlace främst av tekniken fingerprinting (se sektion 6.2) och uppger att de åstadkom en noggrannhet på 1.96 meter vid tävlingen Microsoft Indoor Localization Competition [13]. För navigeringssystemet använder AnyPlace ett kartverktyg baserat på Google Maps för en övergripande kartbild. I den övergripande kartan går det att

välja vissa byggnaders planritningar där AnyPlace har stöd för inomhuspositionering. AnyPlaces positioneringssystem används för att bestämma en enhets position i byggnaden och kan därefter användas för inomhusnavigering.

AnyPlace har också integrerat en metod som de kallar Crowdsurfing [31]. Crowdsurfing bygger på användarna av systemet även ges en möjlighet att förbättra systemet samtidigt som de använder det. Användarna av systemet kan använda deras applikation (på mobiltelefoner) för att samla data om WiFi-information i närheten. Denna information läggs sedan in i AnyPlace:s databas för att få stöd för navigering på platser som inte hade det tidigare. Crowdsurfing innebär att stora mängder data kan inhämtas samtidigt och att inlärningsprocessen med fingerprintingtekniken kan förkortas jämfört med om AnyPlace hade varit tvungna att inhämta den informationen själva.

Skillnaderna mellan AnyPlace:s system och vårt system är att vårt system vill göra det möjligt att se andra enheters position snarare än att erbjuda någon navigeringsservice. Att AnyPlace har lyckats uppnå en såpass liten felmarginal som 2 meter visar på att fingerprinting är ett bra val av metod även i det här projektet då samma felmarginal i vårt system skulle innebära mer än tillräcklig precision utifrån målen för detta projekt (se sektion 3).

## 6 Metoder

I följande del av rapporten redogörs för vilka tekniker och metoder som användes för att bygga systemet. Det som det här systemet bygger på är att kunna mäta och analysera signalstyrkor till olika åtkomstpunkter (engelska: accesspunkter). För att kunna särskilja på olika åtkomstpunkter lagrar vi åtkomstpunkternas unika MAC-adresser.

### 6.1 Recieved Signal Strength Indication

Recieved Signal Strength Indication (RSSI) är ett mått på signalstyrkan från en trådlös åtkomstpunkt. RSSI mäts i enheten decibel(dB) och anger hur mycket av styrkan av en signal har avtagit innan den uppfångas av en mottagarenhet [17]. RSSI-värdet varierar generellt mellan 0 och -100 dB hos en mottagarenhet. Ett RSSI-värde nära 0 antyder att förlusten i signalstyrka mellan åtkomstpunkt och mottagare är låg. Ett lägre RSSI-värde indikerar en större förlust i signalstyrka mellan åtkomstpunkt och mottagare och därmed också sämre anslutningsmöjlighet.

## 6.2 Fingerprinting

Binghao Li m. fl. [24] analyserade i en studie olika tekniker som utgår från WiFi för inomhuspositionering och kom fram till att fingerprinting var en av de metoder som enskilt genererade mest precisa resultat.

Fingerprinting bygger precis som trilateration på positionsbestämning utifrån existerande trådlösa åtkomstpunkter [8]. Fingerprinting består av en inledande inlärningsfas där första steget är att ett antal referenspunkter väljs ut beroende på lokalens planritning (se sektion 6.3). Därefter mäts signalstyrkan vid alla specifika referenspunkter och lagras i en databas. Då en enhets position ska bestämmas mäter enheten signalstyrkan och jämför den med värdena för referenspunkterna i databasen. Den referenspunkt som bäst matchar är den troliga positionen för enheten [24, 8]. Binghao Li m. fl. [24] understryker att trots att fingerprinting är en vanlig och accepterad metod i system för inomhuspositionering finns det vissa problem med den här tekniken. Ett problem som angavs består i att ju högre den önskvärda precisionen är ju tätare bör referenspunkterna utmätas. Då detta innebär fler referenspunkter leder det till en längre inlärningsfas. Ett annat faktum är att med utförligare mätningar i varje referenspunkt kommer precisionen öka. Problemet som uppstår med utförligare mätningar är att detta leder till ökad inläringstid, större databas och längre beräkningstider för klientenheten [24]. Ett annat problem med fingerprintingstekniken och som beskrivs av Lui m. fl. [12] är att mätningar av RSSI-värdet till olika åtkomstpunkter kan variera beroende på vilken hårdvara som används för mätningarna. Det betyder att olika RSSI-värden kan uppkomma för samma åtkomstpunkt vid samma mätningssplats. Detta kan leda till att jämförelsen av RSSI-värden för referenspunkter och klientenheter kan bli icke tillförlitlig i de fall hårdvaruskillnader i de olika enheterna förekommer. Därmed kan dessa hårdvaruskillnader göra att precisionen försämras när en klientenhet ska positionsbestämmas [12]. En övervägande fördel med fingerprintingstekniken är däremot att ingen extra hårdvara behöver installeras i lokalerna. Fingerprintingstekniken utnyttjar endast befintlig nätverksinformation.

## 6.3 Referenspunkter i samband med fingerprintingmetoden

En referenspunkt bestäms som en specifik position i en lokal där mätningar utförs av den trådlösa nätverksinformationen. Det som analyseras vid dessa mätningar är vilka trådlösa åtkomstpunkter, vanligtvis routrar, som går att ansluta till vid referenspunktens position. Vid analysen av den trådlösa nätverksmiljön mäts även signalstyrkan till respektive åtkomstpunkt. För att en enhet ska kunna utföra en trådlös nätverksanalys krävs det att enheten har ett trådlöst nätverkskort. Vanligtvis sparas information om de åtkomstpunkter som, baserat på RSSI-värdet, anses befinna sig närmast referenspunkten [24]. Denna



information i kombination med information om var i lokalen referenspunkten är utmätt lagras i en databas. Referenspunkter utmäts i ett rutmönster, med en area på 1-4  $m^2$  för bästa resultat [29], i de lokaler där positioneringsbestämning ska utföras [24]. Denna lagrade nätverksinformation för referenspunkterna används som referenser till olika platser i lokalerna för att kunna positionsbestämma enheter som befinner sig i byggnaden [29, 24].

## 6.4 Metod för positionsbestämning, K Nearest Neighbor

När metoden fingerprinting (se sektion 6.2) används för positionsbestämning krävs en algoritm för att analysera RSSI-värdena för åtkomstpunkterna hos klientenheten i förhållande till RSSI-värdena för åtkomstpunkterna hos referenspunkterna. Vid olika tillämpningar av fingerprinting kan olika algoritmer användas [27, 8]. En av de vanligaste typerna av algoritmer är versioner av K Nearest Neighbor (KNN) [27]. Bokstaven  $k$  står för antalet "nearest neighbors" (närmaste grannar). Vid den mest enkla varianten, då  $k = 1$  (1NN), görs en RSSI-skanning hos klientenheten av vilken närliggande åtkomstpunkt som har lägst försvagning av signalstyrka. Den åtkomstpunkt med lägst försvagning antas vara den som är närmast. Samma åtkomstpunkt jämförs med åtkomstpunkterna för de referenspunkter som finns registrerade i databasen för att finna den referenspunkt som matchar bäst med klientenheten. Klientenhetens position uppskattas till samma position som för den referenspunkt som matchade bäst. Ju högre värde av  $k$  som används vid analysen desto tillförlitligare blir positioneringen [29]. En nackdel med KNN är att RSSI-värdet för de olika åtkomstpunkterna kan variera över tid [27]. För att upprätthålla en godtagbar exakthet bör därför varje referenspunkt skannas av vid jämna intervall. En annan nackdel är att RSSI-värdet för en åtkomstpunkt vid en specifik position kan förändras om till exempel möbleringen av rummen förändras radikalt [30]. Då något sådant sker bör också intilliggande referenspunkter skannas om.

## 6.5 Applikationsutveckling för Android

Systemet är uppbyggd av bland annat en Androidapplikation. Applikationen används för att mäta ut referenspunkter. I utvecklingen av applikationen användes Android Studios vilket är en integrerad utvecklingsmiljö för att utveckla Androidapplikationer. Alternativ till Androidapplikationer är applikationer till iOS samt till Windowstelefoner. En anledning till att applikationen utvecklas för Android är för att vi kunde använda programmeringsspråket Kotlin som erbjuder många användbara bibliotek för de funktioner vi använder [10]. Kotlin är ett programmeringsspråk som kan användas för utveckling av Androidapplikationen och som förutom många användbara bibliotek också kan redu-

cera mängden kod som behöver skrivas för att uppnå en viss funktionalitet jämfört med exempelvis programmeringsspråket Java [10]. En annan anledning till att vi utvecklar applikationen för Android är att publiceringen av Androidapplikation är enklare än för bland annat iOS [1, 7].

## 6.6 Programmeringsspråk vid utveckling av skriptet för klientenheterna

Skriptet som körs på klientenheterna är programmerat i programmeringsspråket Python. En av anledningarna till att vi använder detta språk är för att det finns många färdiga bibliotek som underlättar både nätverksskanning samt anslutning till databaser [6]. Python erbjuder också enkla verktyg för att paketera koden och bygga exekverbara filer för olika operativsystem. Detta är användbart eftersom en körbar fil på operativsystemet Windows är ett måste då en klar majoritet av medarbetarna hos intressenten använder Windows. Utöver tidigare argument är det väldokumenterat, enkelt och snabbt att komma igång med samt att syntaxen låter programmeraren producera lättläst kod. Dessa argument har varit anledningen till valet av Python.

## 6.7 Relationella databaser samt python-interface för databasåtkomst

Huvuduppgiften för en databas är att lagra information. En relationell databas är en databas som använder tabeller som består av rader och kolumner för att lagra information [11]. Den relationella modellen för en databas anvisar att varje rad i en tabell ska vara unik. För att en rad i en tabell ska vara unik krävs det att ett värde i en kolumn eller en kombination av fler än en kolumn inte existerar i någon annan rad [11]. Den kolumn eller de kolumner som gör varje rad i en tabell unik kallas för tabellens *Primary Key*. För att koppla ihop information mellan olika tabeller används i en relationell databas pekare till andra tabellers Primary Keys. Dessa pekare kallas för *Foreign Keys* [11].

För att skriva kod för relationella databaser används vanligtvis programmeringsspråket SQL som står för Structured Query Language [28]. Eftersom skriptet för klientenheterna är skrivet i Python (se sektion 6.6) använder vi ett interface för Python som heter PyMySQL [16]. PyMySQL erbjuder ett API som ger möjligheten att direkt i pythonkoden skriva funktioner som kan hantera tabeller i databasen.

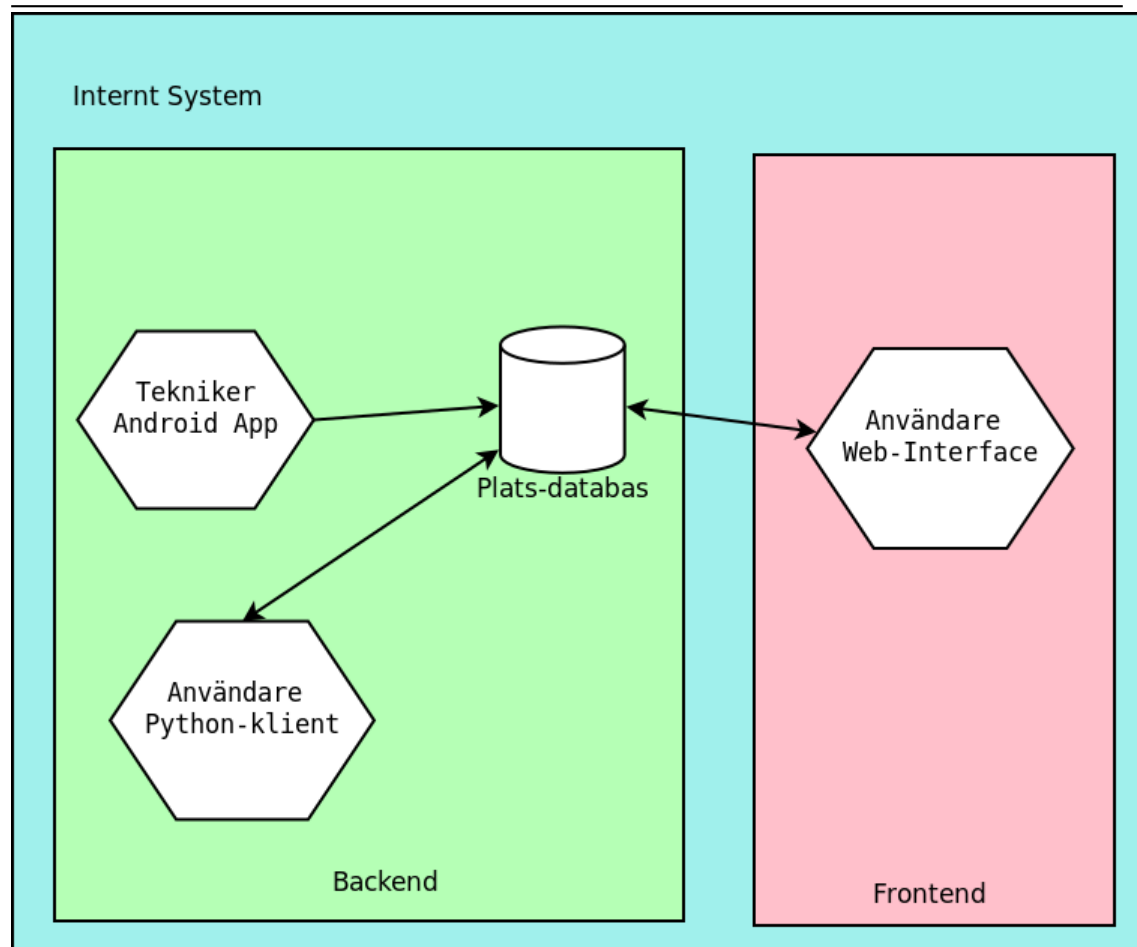
## 6.8 Webbapplikation för presentation av positionsinformation

Django är ett webbapplikationsramverk som är skrivet i Python och vår webbapplikationen använder sig av detta ramverk. Django är ett ramverk som utgår från ett arkitekturmönster som kallas model-view-controller (MVC) [4]. Denna arkitektur gör att koden kan göras välstrukturerad och lätt att hitta i. En annan anledningen till valet av ramverk är skalbarheten och moduleringen som Django erbjuder. Skalbarheten och moduleringen medför att det är enklare att återanvända kod. En kod som skrivits för en viss hemsida kan enkelt användas för en annan hemsida [4].

En annan viktig anledningen till att vi använder Django är att det är bra i säkerhetsavseende. Django kommer med väldigt många olika säkerhetsåtgärder inbyggt och det finns mycket säkerhetsrelaterad information dokumenterat på deras hemsida [5]. Det gör att vi kan använda oss av detta för att göra säkerheten på hemsidan så bra som möjligt. Bland en mängd andra säkerhetsåtgärder som Django erbjuder automatiskt så är det skyddat för SQL-injections [5] vilket innebär att databaskommandon inte kan attackeras genom användarinput för att ta sig in i databasen. Django erbjuder även Session Security [5] som skyddar för att bara användare som verkligen har loggat in har tillgång till data som inloggade ska ha tillgång till. Eftersom det system som vi utvecklar hanterar känslig data så är detta en viktig aspekt för oss. Eftersom systemets skript är skrivet i Python och Django bygger på Python kan även integrationen mellan dessa göras enklare.

## 7 Systemstruktur

I denna del av rapporten beskriver vi systemet och hur de olika delsystemen samverkar. Systemet kan delas in i tre delsystem samt en databas. Det första delsystemet är en applikation som används för att koppla nätverksinformation till en specifik plats. Det andra delsystemet är ett skript som körs på en användarenhet och utför en algoritm för att bestämma en ungefärlig position. Det tredje delsystemet består av en webbapplikation som presenterar information om andra användares position. Slutligen består systemet även av en databas där all data som är relevant för systemet sparas. I figur 1 presenteras systemet i sin helhet.



**Figur 1** Överblicksbild av systemet. Det består av tre delsystem och en central databas.

## 7.1 Delsystem som kopplar nätverksinformation med en plats

Detta delsystem innefattar en Androidapplikation. Den är tänkt att användas av it-tekniker före användning av systemet. Applikationen används för att skanna nätverksinformation i förutbestämda referenspunkter med ett mellanrum på ungefär två meter. Denna information används senare för att användarenheter ska kunna beräkna sin position i förhållande till dessa referenspunkter. Nätverksinformationen exporteras därefter till en databas. När referenspunkterna är inlagda kan de resterande delsystemen börja användas.

## 7.2 Delsystem som beräknar positionen

Detta delsystem innefattar en Python-klient som körs i bakgrunden på användarens dator. Python-klientens syfte är att utföra en positionsbestämningsalgoritm med hjälp av de referenspunkter som finns i databasen och som Androidapplikationen från förra delsystemet har tillhandahållit. Positionen bestäms genom att Python-skriptet skannar av nätverksmiljön för att hitta de åtkomstpunkter som datorn befinner sig närmast. Dessa åtkomstpunkter jämförs sedan med de åtkomstpunkter referenspunkterna har tillhandahållits i föregående delsystem. När Python-klienten har bestämt positionen för användaren ska den automatiskt lägga in den informationen i databasen kopplat till Python-klientens användaridentitet. Ny bestämning av position utförs kontinuerligt. Anledningen till att delsystem körs i bakgrunden på en användares dator är att användaren inte aktivt ska behöva vara involverad i positionsbestämningen.

## 7.3 Delsystem som presenterar position

Slutligen består systemet även av en webbapplikation. Detta system använder data som Python-klienten har lagt in i databasen för att i webbapplikationen visa positionsinformation om kollegor i verksamheten. I webbapplikationen finns det två typer av användare, medarbetare och administratör. Som medarbetare är man tvungen att logga in på webbapplikationen för att få tillgång till informationen som tillhandahålls. Om medarbetaren är inloggad kan användaren se sina medarbetare, söka efter andra medarbetare samt göra sig osynlig. Om en administratör loggar in kan administratören ändra i databasen, lägga till och ta bort medarbetare samt lägga till ytterligare referenspunkter.

## 7.4 Databasen som håller användare och positionsinformation

Databasen är ett delsystem som kommer samspela med alla de andra delsystemen. Den håller information om referenspunkter, användare och deras position. Mellan skanningsapplikationen och databasen så måste informationen om referenspunkterna förflyttas manuellt. Då det finns en risk för att referenspunkter kan förstöras om en automatisk uppkoppling utförs bör detta steg göras manuellt. Eftersom inläggningen av referenspunkterna i databasen sker så pass sällan och endast genomförs genom uppladdning av en fil innebär den manuella populeringen av databasen inte någon större arbetsbörda. Python-klienten använder sig av SQL-anrop till databasen för att extrahera referenspunkter samt för att lägga in sin positionsinformation vid varje körning av algoritmen. Webbapplikationen använder även den SQL-anrop till databasen för att erhålla och presentera relevant information.

## 8 Krav och utvärderingsmetoder

Kraven för det här projektet är något som vi tillsammans med Uppsala Kommun kommit fram till. Utöver det som Uppsala Kommun kräver så har vi några generella krav på vår produkt. Det ska vara lättanvänt, robust mot kraschar och hantera känslig information på ett säkert sätt. Våra egna krav är att systemet i minst 95% av de totala antalet positioneringar ska lyckas positionera användaren rätt. På grund av begränsad åtkomst till testmiljön kommer endast två typer av tester utföras. Dessa två tester kommer utföras i en av Uppsala Kommuns byggnader och kommer bestå av ett våningstest samt ett positioneringstest. Dessa två tester beskrivs utförligare i sektion 8.2.

### 8.1 Skanningsapplikation för referenspunkter

Skanningsapplikationen ska vara ett lättförståeligt och lättanvänt system som ska förenkla förarbetet inför en flytt från en kontorsbaserad verksamhet till en aktivitetsbaserad. Vi vill att det ska vara enkelt att använda skanningsapplikationen eftersom det kan vara ett övertygande argument för att använda systemet i sin helhet. Applikationen kommer att utvärderas genom att utomstående personer får använda applikationen och ge feedback på användarvänligheten.

### 8.2 Krav på positionsbestämning

Uppsala Kommuns vision är att positioneringssystemet ska kunna visa i vilken byggnad, på vilken våning och i vilket område på den våningen som en medarbetare befinner sig. Detta med en felmarginal på max 10 meter. Vi har själva satt upp krav på en felmarginal på max 5 meter eftersom vi tror att det kommer vara möjligt att uppnå. Kraven på exakthet existerar eftersom en godtagbar precision vid positionsbestämningen är en förutsättning för att systemet i sin helhet ska fylla någon funktion. Vi kommer utföra två precisionstester av systemet. Båda testerna kommer utföras i Uppsala Kommuns lokaler på Stationsgatan 12 i Uppsala. Det ena testet går ut på att testa hur väl systemet kan skilja på olika våningsplan i byggnaden. Det andra testet kommer gå ut på att testa hur väl en användare kan positionsbestämmas till ett specifikt arbetsområde. Uppsala Kommun har en kontorsmiljö uppdelad i arbetsområden av olika storlekar och med olika namn. Vi i samråd med dem har valt att definiera en lyckad positionsuppskattning som att positionen uppskattas till namnet för det arbetsområde där användaren befinner sig.

Våningstestet kommer gå till så att referenspunkter utmäts på två olika angränsande vå-

ningsplan och läggs in i en databas. Därefter kommer en användare sätta sig ner vid en arbetsplats i en minut och går därefter vidare till nästa arbetsplats. Vid varje arbetsplats utförs en positionsbestämning. För varje positionsbestämning loggas resultatet och användarens verkliga position registreras. Därefter undersöker vi resultaten och ser huruvida systemet kan skilja på olika våningsplan. Testet för att undersöka precisionen av positioneringssystemet i relation till ett specifikt område kommer utföras på ett snarligt sätt som för våningstestet. Skillnaden mot våningstestet kommer vara att referenspunkter kommer utmätas på en hel våning och matchas till respektive område på den våningen. Därefter sker utvärderingen med en logg av resultatet samt registrering av användarens verkliga position på samma sätt som vid våningstestet.

### **8.3 Användarvänlighet i webbapplikationen**

Kraven på presentationen av medarbetarnas position är att det ska vara enkelt att i webbapplikationen se vart en medarbetare befinner sig. Detta är ett krav som vi bedömer vara viktigt för att kunna demonstrera systemet på ett bra sätt. För intressenten kommer detta inte vara ett prioriterat krav eftersom de vid en eventuell lansering planerar att presentera positionsinformationen via en medarbetarportal på deras interna nätverk. Vi kommer utvärdera denna del av systemet genom att låta en extern person navigera i webbapplikationen och därigenom utvärdera användarvänligheten.

## **9 Implementation av systemet**

I följande delavsnitt beskrivs implementationen av de olika komponenterna av systemet i mer detalj. Först beskrivs hur applikationen används för att skapa referenspunkter. Sedan beskrivs det hur en position beräknas utifrån dessa punkter. Till sist beskrivs systemets presentationsinterface.

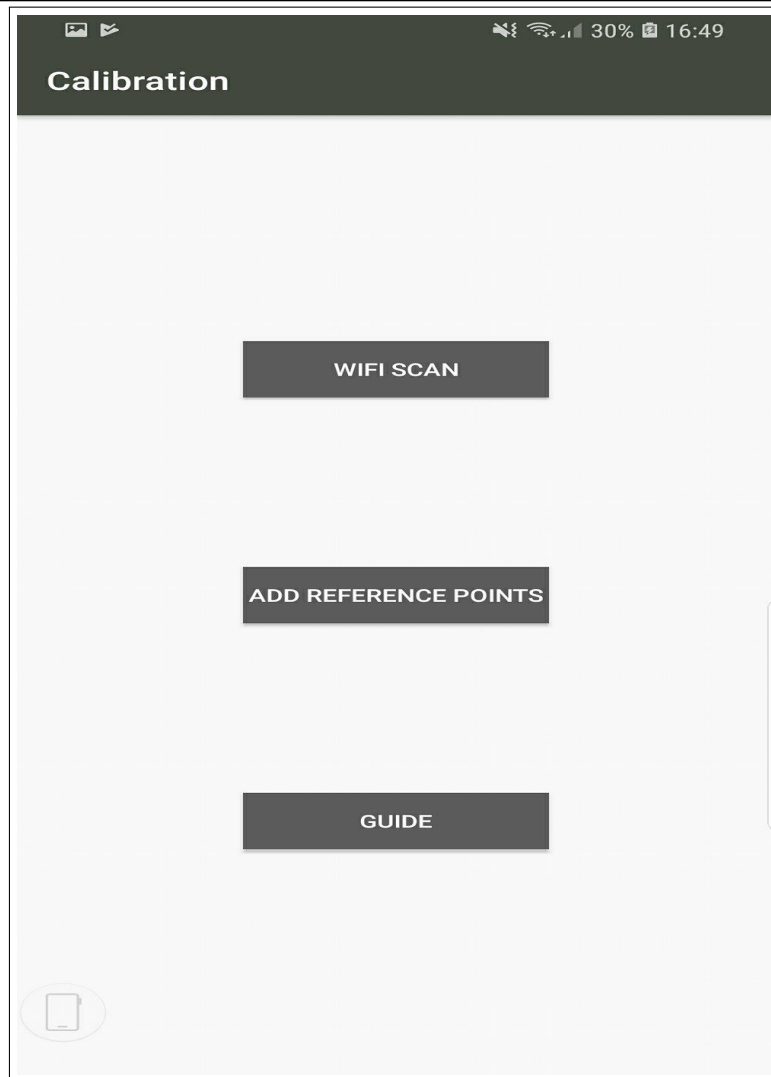
### **9.1 Applikation för skanning vid referenspunkter**

Målet med applikationen är att kunna populera databasen med referenspunkter som sedan användas i bestämning av en användares position. Detta görs med en mobilapplikation då det är enklare för användarna att gå runt i byggnaden med en mobiltelefon eller en surfplatta och skanna av nätverksinformationen jämfört med en dator.

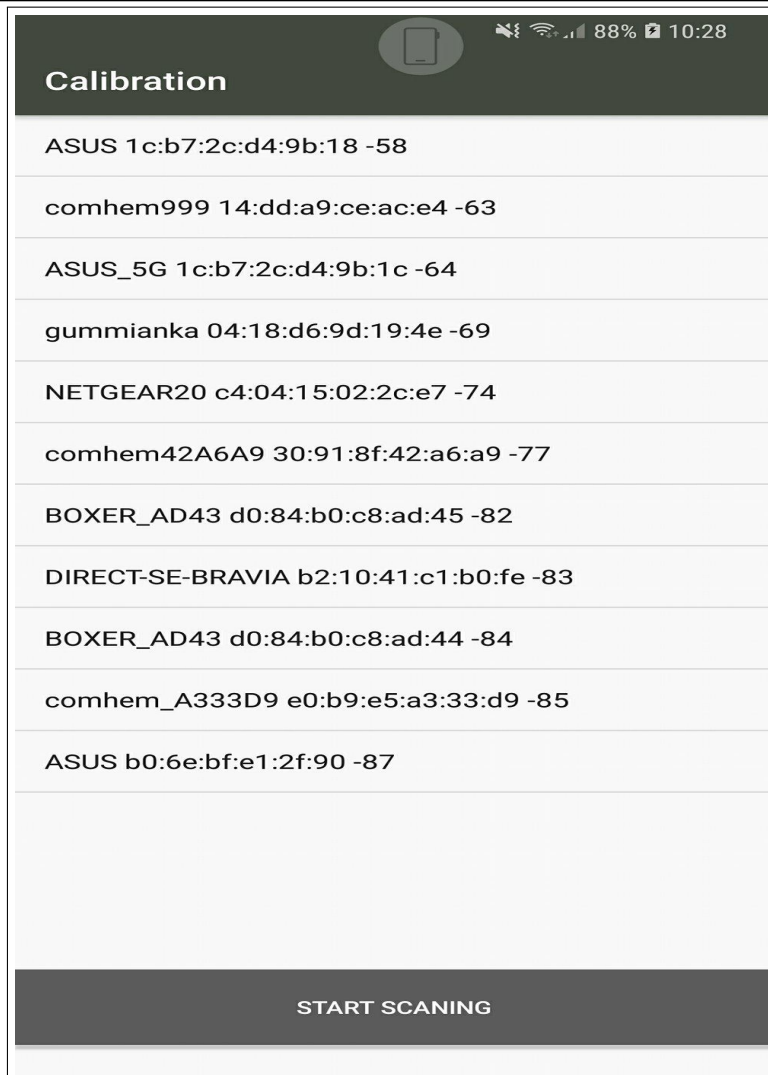
När applikationen startas kommer användaren till en startsida, se figur 2. Här kan använ-

daren välja att skanna av nätverksinformation genom att klicka på **WIFI SCAN**. Där kan användaren skanna av nätverksinformation och se elva stycken accesspunkter, se figur 3. På startsidan kan användaren också välja **ADD REFERENCE POINTS**. Vid valet **ADD REFERENCE POINTS** kan användaren ange ett namn för en ny referenspunkt, se figur 4. Därefter kan användaren klicka på den nyss tillagda referenspunkten för att få upp två alternativ, **Scan This RP** och **Delete**, se figur 5. **Scan This RP** betyder att applikationen skannar nätverket för att hitta de tre MAC-adresserna med högst RSSI-värde. Namnet på positionen, de tre MAC-adresserna samt respektive RSSI-värde skapar en referenspunkt. Referenspunkten sparas sedan i en .csv-fil på telefonens interna lagring. CSV, står för Comma Seperated Values och är ett filformat som gör det enkelt att importera fler textrader automatiskt. Detta repeteras tills arbetsområdet har fyllts med lämpligt många referenspunkter, (se sektion 6.3). När alla referenspunkter är skannade populeras databasen genom att .csv-filen importeras till databasen manuellt. Valet **Delete** tar bort referenspunkten samt alla tillhörande MAC-adresser och RSSI-värden. Slutligen finns det en **GUIDE** knapp på startsidan som beskriver föregående information fast i applikationen.





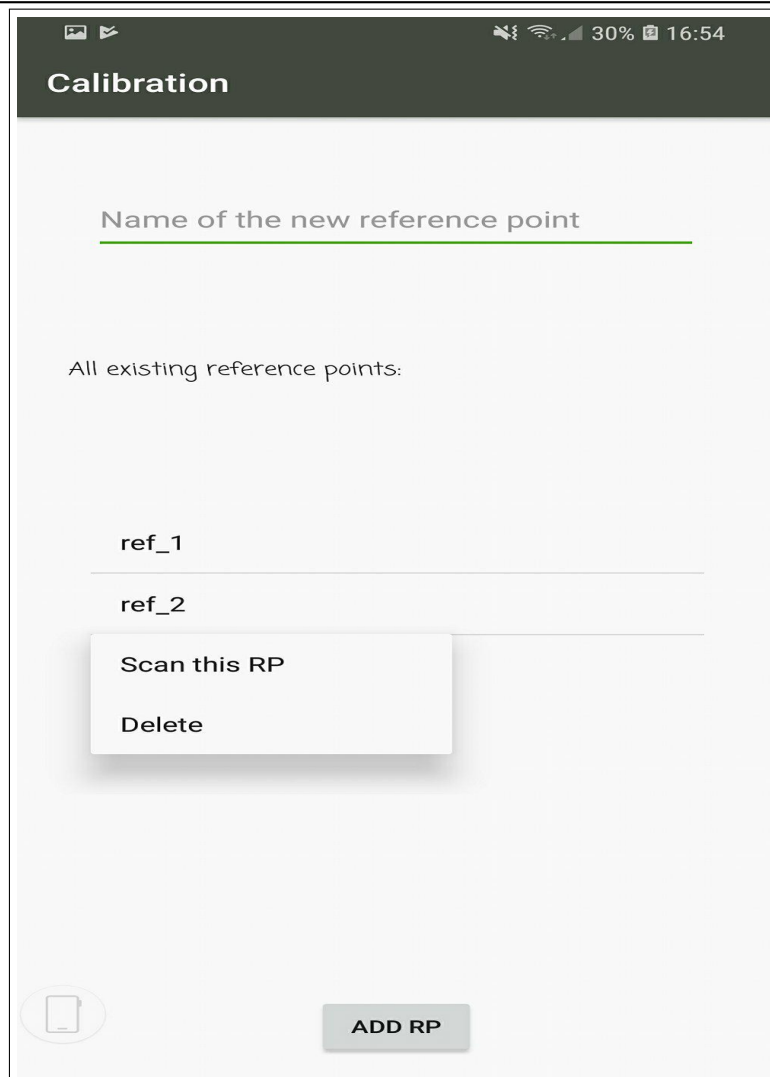
**Figur 2** En bild på hur startsidan på den mobila applikationen ser ut. Här kan användaren trycka på de gråa knapparna för att ta sig vidare till olika funktioner.



**Figur 3** En bild på hur **WIFI SCAN** på den mobila applikation ser ut. Denna funktion kan användaren använda för att skanna av nätverksmiljön där mobilen befinner sig. Den listar de åtkomstpunkter som ligger närmast mobilen, sorterat efter RSSI [17].

The screenshot shows a mobile application interface titled "Calibration". At the top, there is a status bar with icons for signal, Wi-Fi, and battery (30%), along with the time 16:54. Below the title bar, there is a text input field labeled "Name of the new reference point". Underneath this field, the text "All existing reference points:" is displayed. Below this text, there is a list of two existing reference points: "ref\_1" and "ref\_2". At the bottom of the screen, there is a circular icon with a document symbol and a button labeled "ADD RP".

**Figur 4** En bild på hur **ADD REFERENCE POINTS** på den mobila applikationen ser ut. Här skriver användaren in namnet på referenspunkten i textfältet och trycker på **Add RP**. Efter det hamnar referenspunkten som en knapp i listan.



**Figur 5** En bild på hur valen för en referenspunkt på den mobila applikation ser ut. När användaren har tryckt på en referenspunkt kan personen välja att antingen skanna nätverksmiljön för den specifika referenspunkten eller radera den.

Fel kan uppstå både vid skanning samt vid inskrivning av referenspunkterna till .csv-filen. I båda fallen meddelas användare om detta i form av en notifiering längst ner på skärmen. När detta förekommer i skanningen behöver användaren skanna om den enskilda positionen som inte fungerade första gången. Detsamma gäller för fel vid inskrivningen till .csv-filen. Ytterligare ett fel som kan uppstå är vid importeringen av .csv-filen till databasen. Databasen har i nuläget inte stöd för bokstäverna å,ä, ö eller mellanslag i positionsnamnet av en referenspunkt. Om det skulle förekomma att användaren råkar skriva in ett å i ett av namnen kan å:et ersättas med ett a eller liknande manuellt i .csv-

filen.

## 9.2 Skript för positionsbestämning

Då en klientenhet ska kunna positionsbestämmas behöver klientenheten köra det skript som har utvecklats för positionsbestämning. För att genomföra positionsbestämningen av en klientenhet utför skriptet följande uppgifter:

1. **Registrerar vilken användare som kör skriptet.**
2. **Hämtar information om lokalernas referenspunkter från databasen.**
3. **Utför en skanning av nätverksinformationen.**
4. **Bestämmer med hjälp av algoritmer positionen för enheten.**
5. **Uppdaterar databasen med användarens nya position.**

### 9.2.1 Registrera vilken användare som kör skriptet

I den nuvarande versionen av systemet kommer skriptet be användaren om ett användarnamn. Användarnamnet verifieras därefter mot alla registrerade användare som finns i databasen (se sektion 9.3). Om användarnamnet som användaren anger inte matchar något användarnamn i databasen termineras skriptet. Anledningen är att endast godkända användare ska ha möjlighet att göra skriptet och ladda upp sin positionsinformation i databasen. Användare läggs till av systemadministratören från webbapplikationen (se sektion 9.4).

### 9.2.2 Hämta information om referenspunkter från databasen

För att kunna utföra positionsbestämningen behöver klientenheten hämta information om referenspunkterna från databasen. Positionsbestämningen utförs genom vissa beräkningar som vi har valt att genomföra på klientsidan av systemet. Ett alternativ är att genomföra alla beräkningar för positionsbestämningen på serversidan av systemet. Om beräkningarna skulle ha utförts på serversidan så hade det inte varit nödvändigt att hämta information om referenspunkterna till klienten. Anledningen till att beräkningarna utförs på klientsidan är att beräkningsarbetet fördelas på alla klienter. Eftersom antalet

användare är odefinierat vid en eventuell användning av systemet medför det en osäkerhet om servern klarar av den belastning som förekommer om alla användare ska utföra beräkningar på servern för att bestämma dess position.

Nedan följer ett exempel på hur informationen om en referenspunkt ser ut:

- Exempel på referenspunkt:  
 Område = Polacksbacken, Hus 1, Våning 2, Skrubben.  
 MAC 1 = XX:XX:XX:XX:XX:XX.  
 MAC 2 = YY:YY:YY:YY:YY:YY.  
 MAC 3 = ZZ:ZZ:ZZ:ZZ:ZZ:ZZ.  
 RSSI MAC 1 = -45.  
 RSSI MAC 2 = -48.  
 RSSI MAC 3 = -50.

Fältet *Område* anger var referenspunkten är utmätt.

*MAC 1*-fältet innehåller MAC-adressen för den åtkomstpunkt vars RSSI-värde var högst vid nätverksanalysen. Det tillhörande RSSI-värdet ligger i fältet *RSSI MAC 1*

*MAC 2*-fältet innehåller MAC-adressen för den åtkomstpunkt vars RSSI-värde var näst högst vid nätverksanalysen. Det tillhörande RSSI-värdet ligger i fältet *RSSI MAC 2*

*MAC 3*-fältet innehåller MAC-adressen för den åtkomstpunkt vars RSSI-värde var tredje högst vid nätverksanalysen. Det tillhörande RSSI-värdet ligger i fältet *RSSI MAC 3*

### 9.2.3 Utföra skanning av nätverksinformation

Då en klientenhet ska positionsbestämmas kör skriptet en skanning för att se vilken trådlös nätverksinformation som kan upptäckas. Den information som sparas vid skanningen är tillgängliga åtkomstpunkter samt tillhörande RSSI-värde (se sektion 6.1). Vid skanningen läses upp till 10 stycken tillgängliga åtkomstpunkter in och sorteras med avseende på vilken åtkomstpunkt som har högst RSSI-värde. Ett exempel på resultatet efter skanningen ser ut som följer:

- Exempel på en skanning utförd av klientenheten:  
 MAC 1 = AA:AA:AA:AA:AA:AA, RSSI = -20.  
 MAC 2 = BB:BB:BB:BB:BB:BB, RSSI = -25.  
 MAC 3 = CC:CC:CC:CC:CC:CC, RSSI = -30.  
 MAC 4 = DD:DD:DD:DD:DD:DD, RSSI = -35.  
 MAC 5 = EE:EE:EE:EE:EE:EE, RSSI = -40.

MAC 6 = FF:FF:FF:FF:FF:FF, RSSI = -45.  
MAC 7 = GG:GG:GG:GG:GG:GG, RSSI = -50.  
MAC 8 = HH:HH:HH:HH:HH:HH, RSSI = -55.  
MAC 9 = II:II:II:II:II:II, RSSI = -60.  
MAC 10 = JJ:JJ:JJ:JJ:JJ:JJ, RSSI = -65.

#### 9.2.4 Algoritmer för positionsbestämning

För att utföra positionsbestämningen av klientenheten körs en algoritm i skriptet. Den algoritm som valdes för positionsbestämning är en variant av KNN (se sektion 6.4). Vid algoritmer av typer KNN analyseras ett antal (K) Nearest Neighbours (NN). Målet med algoritmen är att avgöra vilken sparad referenspunkt som befinner sig närmast klientenhetens fysiska position. Då algoritmen för att positionsbestämma en klientenhet körs kommer resultatet bli samma position som positionen för den bäst matchande referenspunkten. För att åstadkomma detta har två typer av positionsbestämningsmetoder använts. Dessa två beskrivs nedan.

##### Metod 1 - Närliggande åtkomstpunkter

Om det går att finna en referenspunkt vars tre åtkomstpunkter återfinns som topp tre åtkomstpunkter i klientenhetens lista bör denna referenspunkt befinna sig i nära anslutning till klientenheten. Metod 1:s syfte är att finna referenspunkter som har samma närmast intilliggande åtkomstpunkter som klientenheten.

Algoritmen för metod 1 ser ut på följande sätt:

- **Steg 1**

Analysera alla tillgängliga referenspunkter i databasen och filtrerar ut alla som har minst en åtkomstpunkt som överensstämmer med en åtkomstpunkt i listan hos klientenheten. Alla referenspunkter som har en överensstämmande åtkomstpunkt sparas för vidare beräkningar. Om ingen referenspunkt har en tillhörande åtkomstpunkt som återfinns i klientenhetens lista med åtkomstpunkter är inte positionsbestämning möjlig och resultatet blir "position okänd". Detta steg görs för att slippa utföra mer krävande beräkningar på alla referenspunkter i databasen.

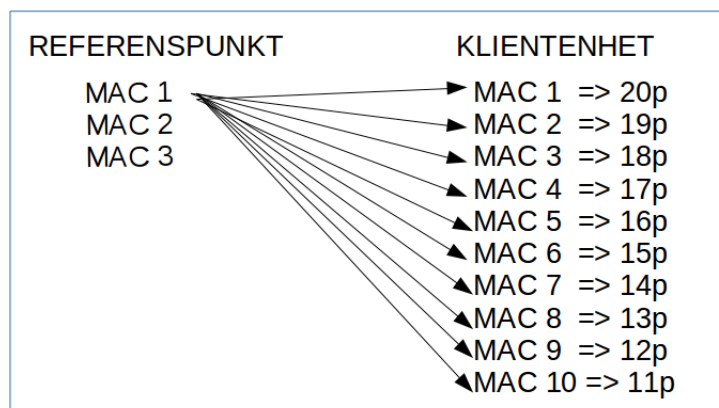
- **Steg 2**

I steg 2 görs en ny filtrering. Nu undersöks vilka referenspunkter som har högst antal matchande åtkomstpunkter. Det högsta möjliga antalet matchande åtkomstpunkter är 3 eftersom det finns 3 åtkomstpunkter lagrade för varje referenspunkt. Alla de referenspunkter som har samma högsta antal matchande referenspunkter

filtreras ut och sparas. Om det till exempel finns fyra referenspunkter vars alla tillhörande åtkomstpunkter finns med i klientenhetens lista sparas dessa fyra referenspunkter för vidare beräkningar. Syftet med detta steg är det samma som syftet i steg 1 vilket var att filtrera referenspunkterna för att undvika fler irrelevanta beräkningar.

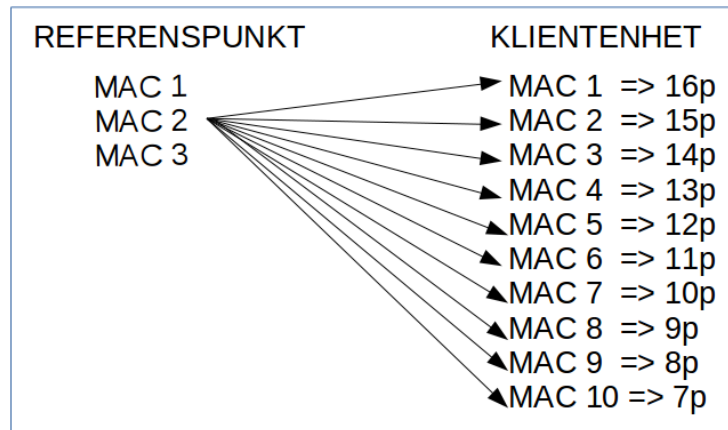
- **Steg 3**

I steg 3 ges alla kvarvarande referenspunkter poäng baserat på hur väl ordningen av åtkomstpunkterna för referenspunkten överensstämmer med ordningen för klientenheten. Eftersom både referenspunkternas och klientenhetens åtkomstpunkter är sorterade baserat på RSSI-värdet kan poängsystemet användas för att avgöra vilken referenspunkt som teoretiskt sett befinner sig närmast klientenheten. Varje åtkomstpunkt hos referenspunkten jämförs med varje åtkomstpunkt i klientenhetens lista. Ju högre upp i listan åtkomstpunkten befinner sig i klientenhetens lista desto högre poäng tilldelas referenspunkten. När varje åtkomstpunkt i referenslistan jämförts läggs poängen för varje åtkomstpunkt ihop och ger referenspunktens slutgiltiga poäng. Den referenspunkt som fått högst totalpoäng bedöms vara den referenspunkt som befinner sig närmast klientenheten. En illustration av poängutdelningsprocessen ges i figurerna 6, 7, 8 nedan. MAC-adresserna är åtkomstpunkternas unika namn.

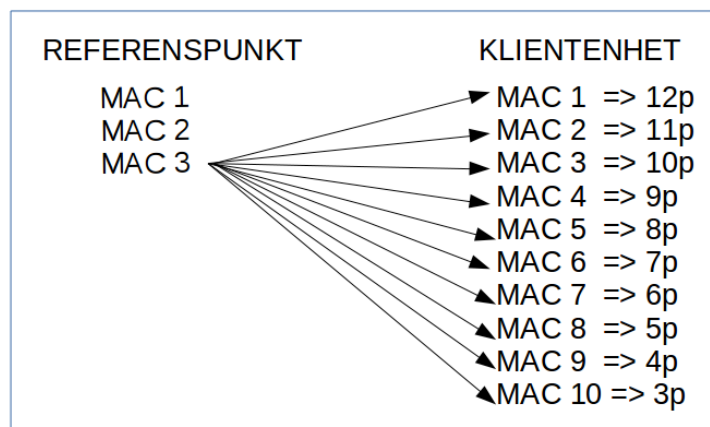


**Figur 6** Poängsystem för åtkomstpunkt 1





**Figur 7** Poängsystem för åtkomstpunkt 2



**Figur 8** Poängsystem för åtkomstpunkt 3

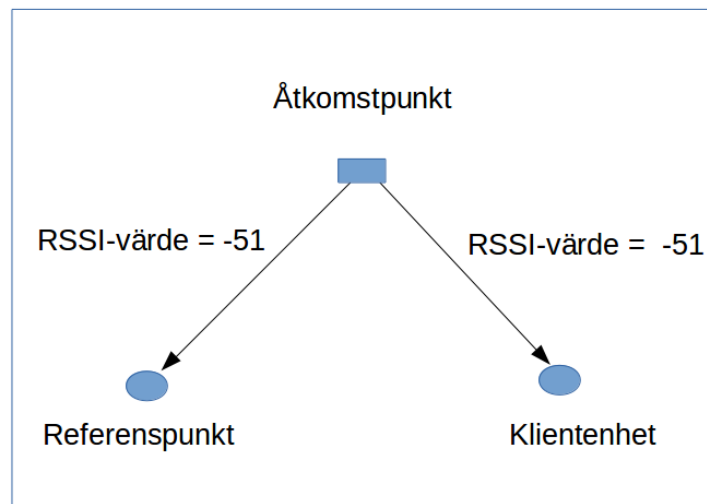
- **Steg 4**

Om fler än en referenspunkt slutar på samma poäng i steg 3 av algoritmen betyder det att det inte endast med hjälp av att undersöka ordningen för åtkomstpunkterna kan avgöras vilken referenspunkt som matchar bäst med klientenheten. Vid de fall som detta uppstår vill vi ändå kunna utse en referenspunkt som den bäst matchande. Det gör vi genom att övergå till Metod 2 för positionsbestämning.

## Metod 2 - Analys av RSSI-värden

Metod 2 används endast då metod 1 inte har lyckats utse en enskild referenspunkt. Me-

Metod 2 analyserar RSSI-värdet för varje åtkomstpunkt som återfinns i både referenspunktens och klientenhetens lista med åtkomstpunkter. Teorin som Metod 2 bygger på är att ju mindre RSSI-värdet skiljer sig åt mellan åtkomstpunkt till klientenhet respektive åtkomstpunkt till referenspunkt desto troligare är det att klientenheten befinner sig nära referenspunkten. Teorin illustreras i figur 9 nedan.



**Figur 9** Illustration av teorin bakom Metod 2 för positionsbestämning. Här befinner sig klientenheten på samma avstånd från åtkomstpunkten som referenspunkten när en tittar på RSSI-värdet.

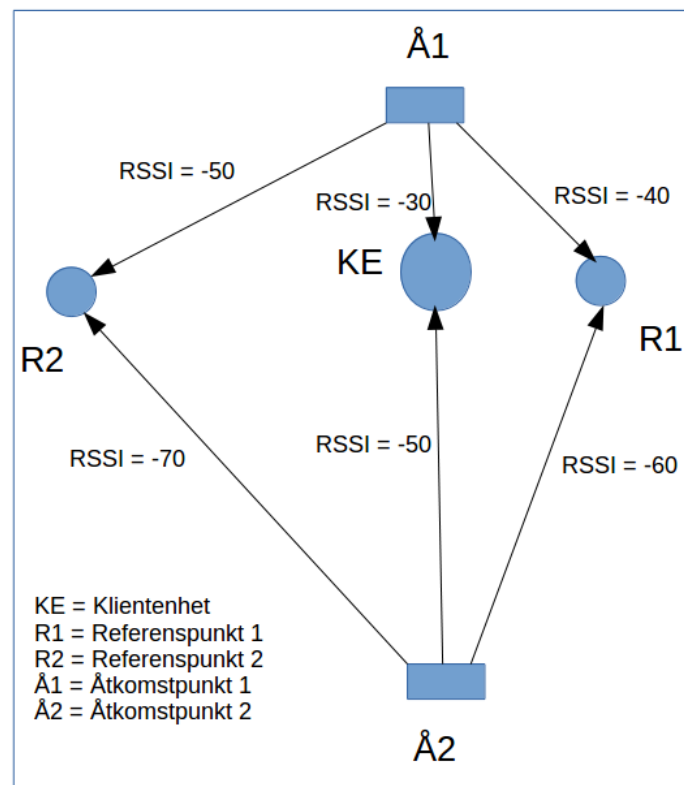
Teorin bakom Metod 2 bygger därmed på att om klientenheten och en referenspunkt har ett RSSI-värde till samma åtkomstpunkt som överensstämmer så bör de även befinna sig på samma avstånd från åtkomstpunkten. Detta gäller tyvärr till viss del bara i teorin eftersom signalen från åtkomstpunkten kan reflekteras mot väggar, tak och annat möblemang vilket påverkar RSSI-värdet [30]. Ett annat problem som gör denna teori mindre tillförlitlig i praktiken är enligt Lui m. fl. att olika hårdvara för trådlös nätverksmottagning kan ge olika RSSI-värden trots identiska förhållanden [12]. Dessa problem är anledningen till att vi väljer att implementera Metod 2, som är baserad på denna teori, som ett eventuellt sista steg i positionsbestämningen.

Algoritmen för Metod 2 är konstruerad på följande sätt.

1. Differensen i RSSI-värde för klientenheten och en referenspunkt till samma åtkomstpunkt beräknas och sparas. Detta görs för varje överensstämmande åtkomstpunkt.

2. Differenserna i RSSI-värde för varje överensstämmande åtkomstpunkt adderas. Detta gör att varje referenspunkt får ett sammanlagt värde på differenserna uppmätta i steg 1.
3. Den referenspunkt med lägst sammanlagt differens uppskattas till att vara den referenspunkt som befinner sig närmast klientenheten.

Figur 10 ger ett exempel på en situation när Metod 2 används och hur positionsbestämningen går till. Observera att den åtkomstpunkt med högst RSSI-värde i klientenhetens lista även är den åtkomstpunkt med högst RSSI-värde för båda referenspunkterna. Observera även att det samma gäller för åtkomstpunkten med näst högst RSSI-värde. Det är viktigt att dessa observationer påpekas då det endast är i dessa fall som Metod 2 används.



**Figur 10** Exempel på när användning av Metod kan förekomma

Det som sker i figur 10 är att både referenspunkt 1, referenspunkt 2 och klientenheten har åtkomstpunkt 1 som den åtkomstpunkt vars RSSI-värde är högst. Både referenspunkt

1, referenspunkt 2 och klientenheten har även gemensamt att åtkomstpunkt 2 är den åtkomstpunkt vars uppmätta RSSI-värde är näst högst. Då antas det att både referenspunkt 1 och referenspunkt 2:s tredje registrerade åtkomstpunkt inte finns med i klientenhetens lista över åtkomstpunkter. Beräkningarna som följer ser då ut på följande sätt.

Först jämförs RSSI-värdena för klientenheten och referenspunkt 1 i förhållande till åtkomstpunkterna 1 och 2.

Först mot åtkomstpunkt 1:

$$RSSI(KE, \text{\AA}1) - RSSI(R1, \text{\AA}1) = -30 - (-40) = 10$$

Sedan mot åtkomstpunkt 2:

$$RSSI(KE, \text{\AA}2) - RSSI(R1, \text{\AA}2) = -50 - (-60) = 10$$

Därefter adderas resultaten för analysen av referenspunkt1:

$$10 + 10 = 20$$

Därefter jämförs RSSI-värdena för klientenheten och referenspunkt 2 i förhållande till åtkomstpunkterna 1 och 2.

Först mot åtkomstpunkt 1:

$$RSSI(KE, \text{\AA}1) - RSSI(R2, \text{\AA}1) = -30 - (-50) = 20$$

Sedan mot åtkomstpunkt 2:

$$RSSI(KE, \text{\AA}2) - RSSI(R2, \text{\AA}2) = -50 - (-70) = 20$$

Därefter adderas resultaten för analysen av referenspunkt2:

$$20 + 20 = 40$$

Det resulterar i att referenspunkt 1 genererar ett lägre slutvärde än referenspunkt 2. Därmed antas referenspunkt 1 befinna sig närmare klientenheten och klientenhetens position uppskattas till samma position som för referenspunkt 1.

### 9.2.5 Uppdatera databasen med klientenhetens position

Efter det att klientenhetens position är bestämd är det sista som sker i skriptet att databasen uppdateras med användarens nya position. Detta görs med hjälp av samma API som vi får tillgång till genom användandet av PyMySQL (se sektion 6.7).

## 9.3 Databasens uppbyggnad

Databasen är den centrala delen av systemet och den enda resursen som delas mellan alla delsystem. Den håller data om referenspunkter, data om användare samt deras position. Varje delsystem som konstruerats gör anrop till databasen. Skanningsapplikationen producerar referenspunkter som läggs in i en tabell. Skriptet för positionsbestämning kontrollerar att användaruppgifterna är godkända och lägger in användarens position. Insättningen sker i de relationella tabellerna (se sektion 6.7) som håller vilken position varje användare har, och har haft. Webbapplikationen som ska presentera datan hämtar information om användarna, kopplar användarna med deras position och presenterar därefter resultatet grafiskt.

### 9.3.1 Tabell för referenspunkter

Databasen är uppbyggt som en relationell databas och tabellen för referenspunkterna har konstruerats manuellt med SQL-kod direkt i databasen, se figur 11. Den är konstruerad som en enskild tabell. Anledningen till att vi endast använder en enskild tabell i det här fallet är för att det underlättar importeringen av .csv-filen från skanningsapplikationen. Tabellens struktur ser ut som följer.

- Id - inkrementeras autokamtiskt, används som Primary Key.
- Position - positionen som referenspunkten ska innebära.
- Adress1 - MAC- adressen för den starkaste accesspunkten sorterat enligt RSSI.
- Adress2 - MAC-adressen för den näst starkaste accesspunkten sorterat enligt RSSI.
- Adress3 - MAC-adressen för den tredje starkaste accesspunkten sorterat enligt RSSI.
- Rssi1 - RSSI för den starkaste accesspunkten sorterat enligt RSSI.

- Rssi2 - RSSI för den näst starkaste accesspunkten sorterat enligt RSSI.
- Rssi3 - RSSI för den tredje starkaste accesspunkten sorterat enligt RSSI.

### 9.3.2 Relationella tabeller för användare och deras position

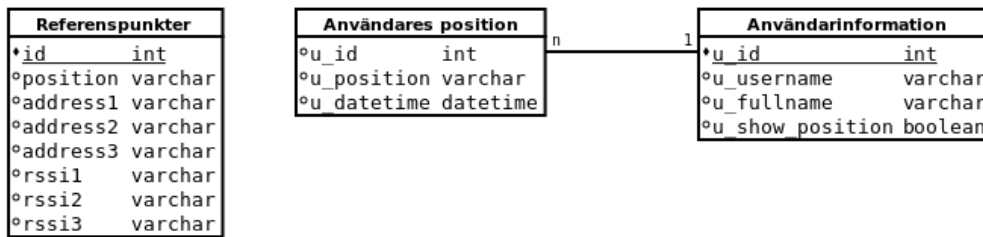
Databasen innehåller även två tabeller som kopplas ihop med hjälp av Foreign Keys respektive Primary Keys och håller information om användare och deras position, se figur 11. Dessa två tabeller konstrueras av Django (se sektion 6.8), webbapplikationsramverket som används, när modeller definieras i webbapplikationen. Att definiera modeller är ett objektorienterat sätt att skapa tabeller på. En modell skapas, sedan definieras vilka fält modellen ska ha på enskilda rader och sedan översätter Django detta till SQL-kod samt migrerar det till databasen.

Tabellen som håller användarinformation är strukturerad enligt följande

- u\_id - Primary Key som länkar till tabellen för användares position.
- u\_username - Användarens användarnamn.
- u\_fullname - Användarens för- och efternamn.
- u\_show\_position - Huruvida användaren vill visa sin position.

Tabellen som håller en användares position är strukturerad enligt följande

- u\_id - Foreign Key som länkar till tabellen för användarinformation.
- u\_position - Användarens position.
- u\_datetime - Datum och tid som användarens position lades in i tabellen.

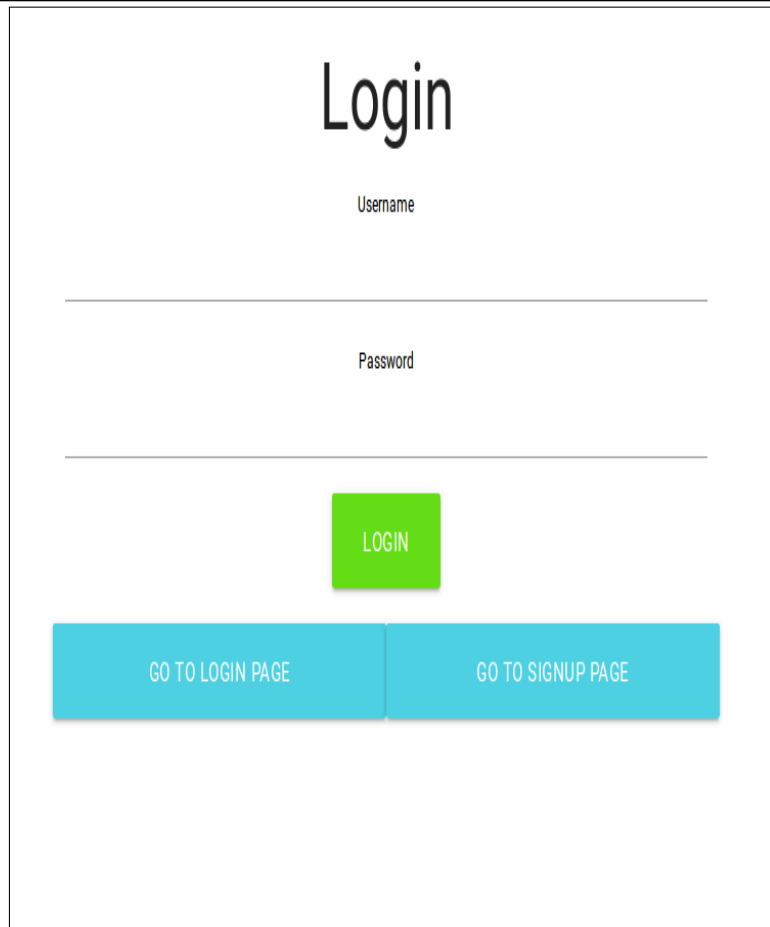


**Figur 11** Tabellerna i databasen. Tabellen för referenspunkter är fristående. Tabellerna som håller användares position och användarinformation är sammankopplade genom en foreign key.

## 9.4 Webbapplikation för presentation av användares position

Webbapplikationen är byggd i webbapplikationsramverket Django samt Materialize. Materialize är ett verktyg som används för att designa webbapplikationen [15]. Med Django kommer automatiskt en webbserver som kan startas lokalt på en användares dator [4]. I implementationen har webbservern placerats lokalt på användarens dator. Att webbservern körs lokalt drabbar inte funktionaliteten i systemet eftersom det enda som behöver vara delat mellan alla användare är databasen, se sektion 7. Valet att köra webbservern lokalt motiveras av att det vid en integrering av systemet på en arbetsplats är tänkt att webbservern ska ligga på företagets interna nätverk. Då vi inte har tillgång till något internt nätverk är den enklaste lösningen för oss att köra en webbserver lokalt på våra datorer.

Webbapplikationen utgörs initialt av en inloggningssida (se figur 12) där användaren på arbetsplatsen måste logga in för att se positioner för andra användare. Användare kan även registrera ett konto, se figur 13. När användaren har loggat in finns möjligheten att se andra användares position och välja att inte visa sin egen position, se figur 14.



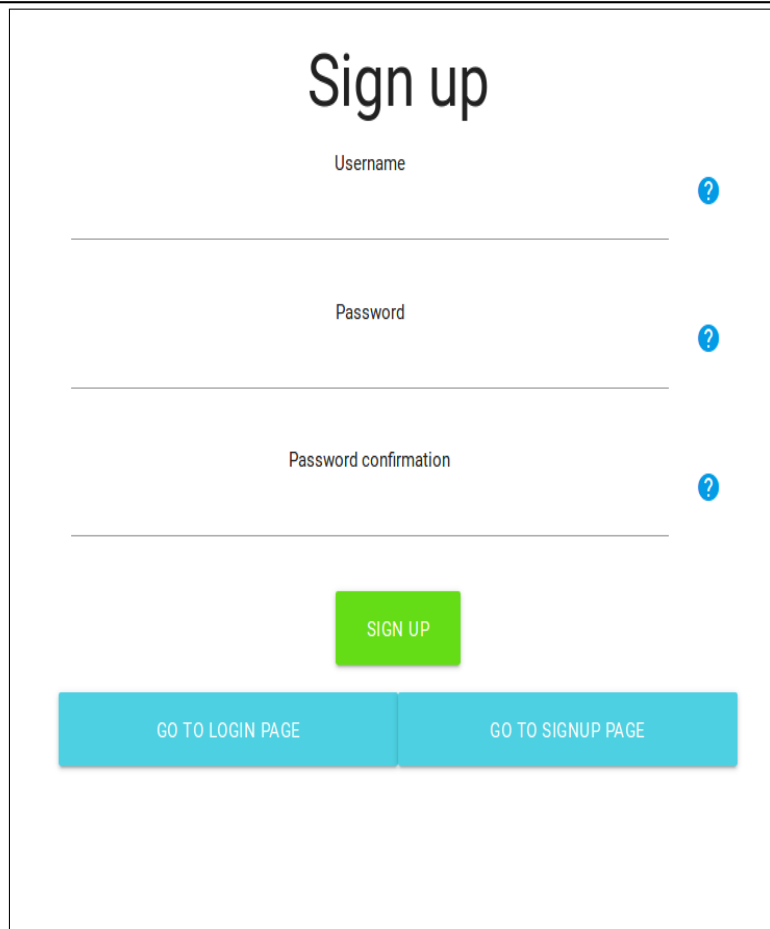
The image shows a login form interface. At the top, the word "Login" is displayed in a large, bold, black font. Below it, the label "Username" is centered above a horizontal input field. Further down, the label "Password" is centered above another horizontal input field. Below the password field is a green rectangular button with the word "LOGIN" in white, uppercase letters. At the bottom of the form, there are two light blue rectangular buttons side-by-side. The left button contains the text "GO TO LOGIN PAGE" and the right button contains the text "GO TO SIGNUP PAGE", both in white, uppercase letters.

---

**Figur 12** Bild på hur inloggning till webbapplikationen ser ut ifrån en dator. Här fyller användaren in sitt användarnamn och lösenord för att logga in.

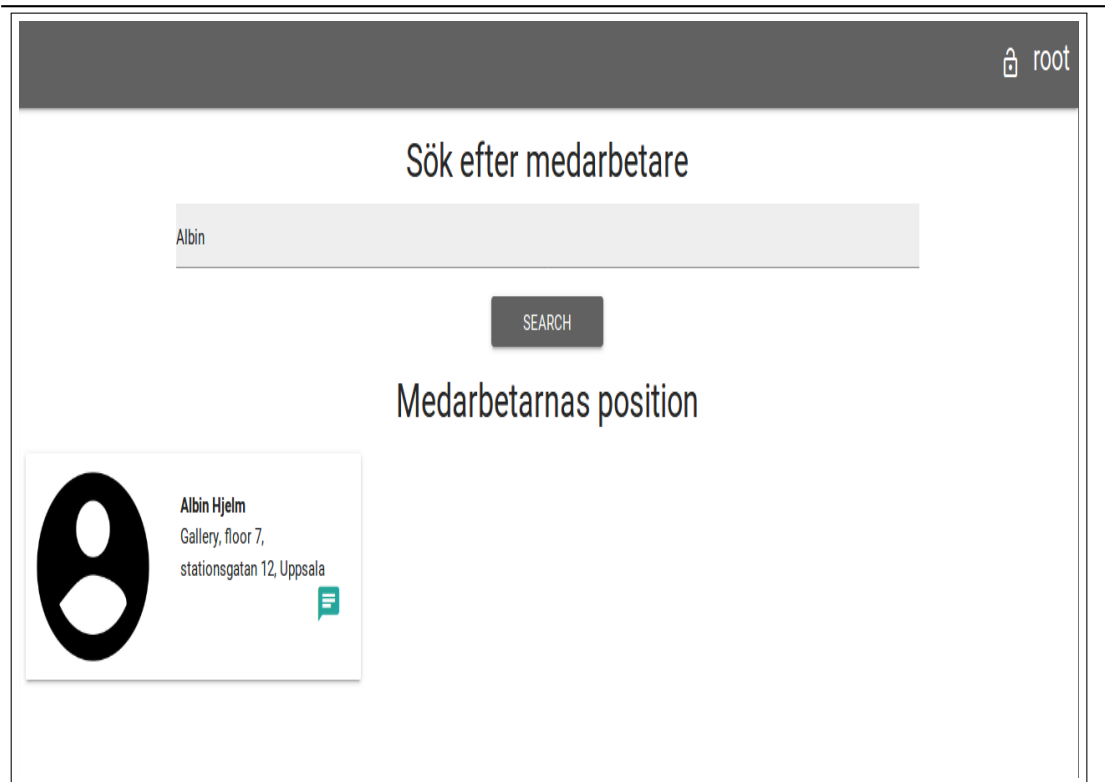
---





The image shows a web form titled "Sign up". It contains three input fields: "Username", "Password", and "Password confirmation". Each field has a blue question mark icon to its right. Below the fields is a green "SIGN UP" button. At the bottom, there are two light blue buttons: "GO TO LOGIN PAGE" and "GO TO SIGNUP PAGE".

**Figur 13** Bild på hur registrering till webbapplikationen ser ut ifrån en dator. Här kan användaren skapa ett konto i systemet för att få tillgång.



**Figur 14** Bild på en sökning av en medarbetare ifrån en dator. Här kan användaren med hjälp av sökfältet söka efter medarbetare.

Webbapplikationen erbjuder även en administrativ del. För att få tillgång till denna måste användaren ha särskild behörighet. Huvudadministratören har behörighet och kan i sin tur dela med sig av behörigheten till andra användare. På den administrativa sidan kan administratören se alla användare, ge behörigheter till användare och modifiera databasen. Webbapplikationen är även tillgänglig från mobila enheter. Inloggning- och registreringssidan presenteras i figur 15 samt 16. Efter att användaren har loggat in finns möjlighet att söka efter andra användare. Applikationens vy från en mobiltelefon presenteras i figur 17.

The screenshot shows a mobile web browser interface. At the top, the status bar displays signal strength, Wi-Fi, 37% battery, and the time 17:35. The browser's address bar shows a home icon, an information icon, the URL '192.168.1.160:8000/login/', a tab count of 3, and a menu icon. The main content area has a large 'Login' title. Below it are two input fields: 'Username' and 'Password'. The 'Username' field contains a single character 'l'. Below the input fields is a green 'LOGIN' button. At the bottom of the form are two blue buttons: 'GO TO LOGIN PAGE' and 'GO TO SIGNUP PAGE'.

**Figur 15** Hur inloggning till webbapplikationen ser ut ifrån en mobiltelefon. Här fyller användaren in sitt användarnamn och lösenord för att logga in.

Sign up

Username ?

Password ?

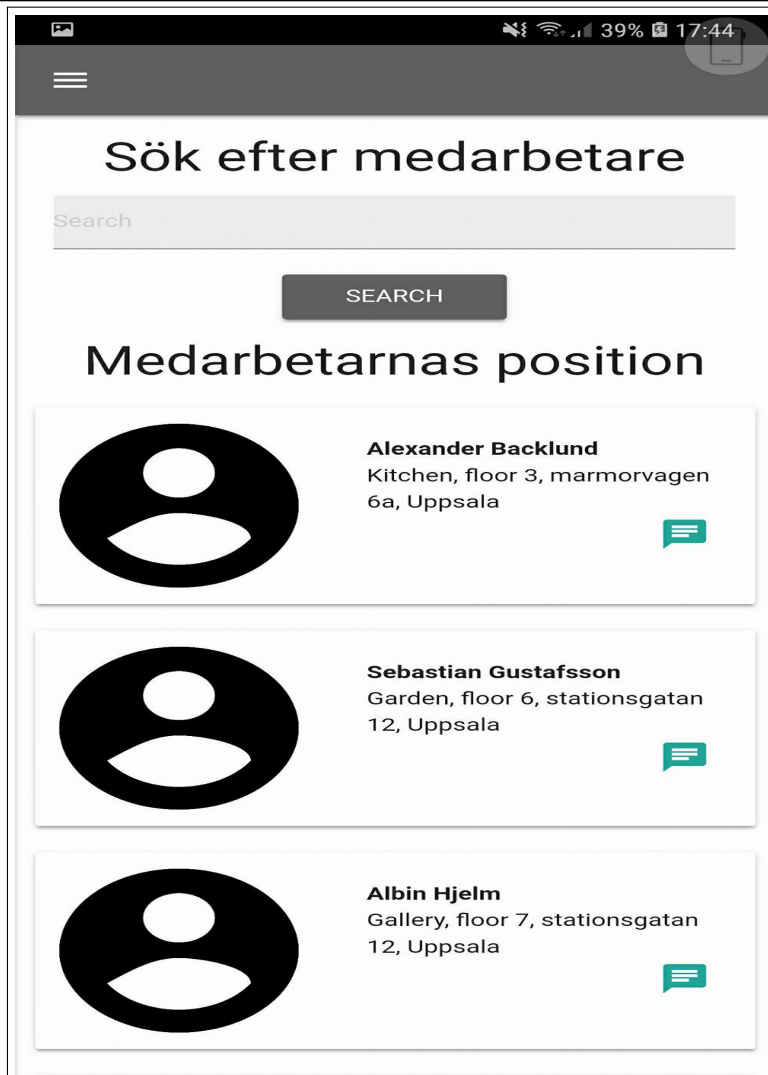
Password confirmation ?

SIGN UP

GO TO LOGIN PAGE

GO TO SIGNUP PAGE

**Figur 16** Hur registrering till webbapplikationen ser ut ifrån en mobiltelefon. Här kan användaren skapa ett konto i systemet för att få tillgång.



**Figur 17** Bild på en inloggad användares vy ifrån en mobiltelefon. Här listas alla medarbetare och deras position. Användaren kan också med hjälp av sökfältet söka efter medarbetare.

## 10 Utvärderingsresultat

Följande sektion består av resultat från de tester beskrivna i sektion 8. Vid våningstestet hade systemet 100% träffsäkerhet. Vid alla de 50 våningstesterna resulterade positioneringen i en position på rätt våningsplan. Det betyder att då användaren befann sig på en våning så visade systemet varje gång att användaren var på rätt våning. En av farhå-

gorna vi hade var att signalstyrkorna från åtkomstpunkterna inte skulle avta tillräckligt mycket mellan våningsplan och att systemet därigenom skulle ha svårt att urskilja vilket våningsplan en användare befann sig på. Resultatet av våningstestet (se sektion 11.1) visar tydligt att en användares position aldrig uppskattades till fel våningsplan.

Positioneringstestet gav i ett par fall felaktiga resultat. Dessa felaktiga resultat uppkom endast i vissa gränsområden där ett område övergår till ett annat område (se sektion 11). Uppskattningsvis uppstod felaktiga resultat endast då användaren befann sig inom fem till sex meter intill ett angränsande område. I de fall som en felaktig position uppskattades var resultatet alltid det angränsande området. I relation till de uppsatta kraven var intressenten nöjd med dessa resultat. Intressenten hade en önskad felmarginal om maximalt tio meter och därmed anser vi oss ha uppnått de kraven. Vi hade själva en önskad felmarginal om maximalt fem meter. Vid något enstaka fall blev det uppskattade området ett område som befann sig något längre än fem meter bort (ca sex meter). Då en användare befann sig inom fem meter till en angränsande område ökade antalet felaktiga positionsuppskattningar ju närmare gränslinjen användaren befann sig. I sin helhet anser vi oss nöjda med resultaten och vi anser oss ha uppfyllt de krav på precision som beskrivs i sektion 8.

Användarvänlighetstesterna för både mobilapplikationen samt webbapplikationen var positiva och mötte i stora drag de krav som beskrivs i sektion 8.3. Det finns saker som kan förbättras med menyerna i webbapplikationen både på datorn och på mobilen. I testet av webbapplikationen framgick det kan var svårt att veta vad “logga in” och “logga ut” symbolerna betyder, en förklarande text hade troligtvis hjälpt.

Användarvänlighetstestet av mobilapplikationen var positivt i det avseendet att testpersonerna uppfattade applikationen som simpel. Den kritik som erhöles för mobilapplikationen var att när mobilapplikationen skannar av nätverksinformationen så borde en laddningslogga visas. I nuläget visas ingenting som indekerar att skanningen sker under de fem sekunder som skanningen pågår.

## 11 Resultat och diskussion

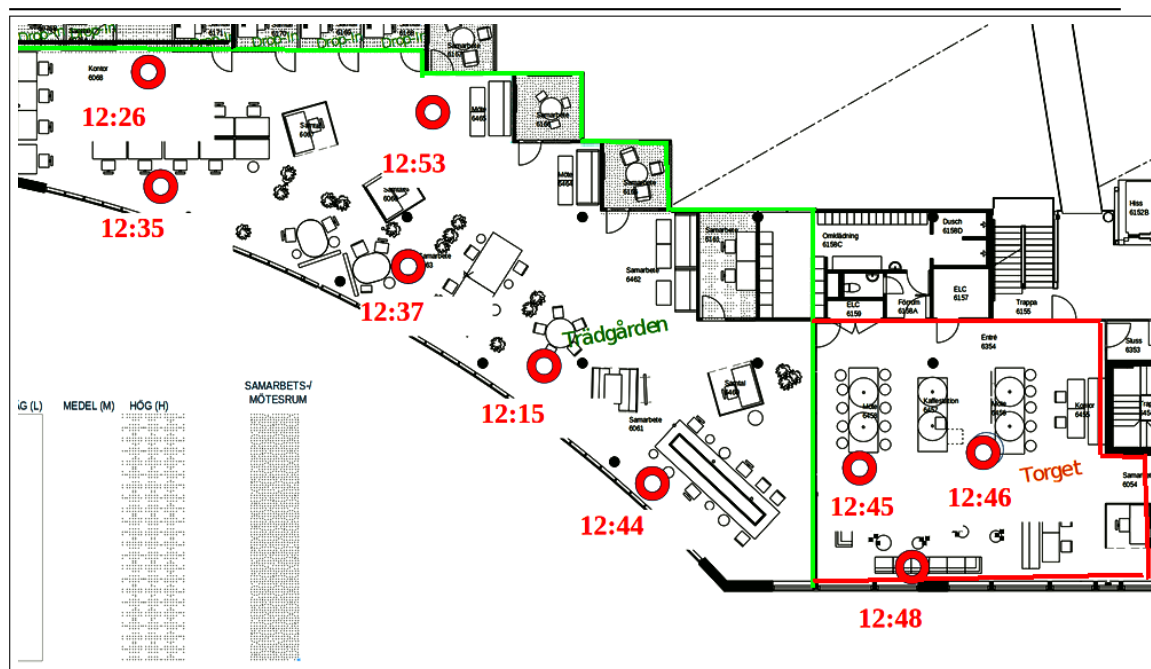
Den initiala planen var att interagera positionsbestämningsalgoritm med SFB. Detta visade sig vara omöjligt att göra då den version av SFB som intressenten hade saknade den databasfunktionalitet som krävdes. Detta medförde att planen förändrades och blev istället att göra ett eget system oberoende av SFB.

Som beskrivet i sektion 10 resultatet av positioneringstesterna sammanfattas som att användare av systemet kan positioneras korrekt utifrån vilken våning de befinner sig på.

Användaren kan med säkerhet positioneras i förhållande till vilket område användaren befinner sig i då användaren är minst fem meter in i området. Om användaren är mindre än fem meter kan positionen ibland variera mellan rätt område och det angränsande området. För att testa systemets prestanda utfördes två olika tester, ett våningstest och ett områdestest (se sektion 8). Dessa två tester utfördes samtidigt som personal arbetade i lokalerna. Detta gjorde att vi i vissa fall var något begränsade både i arbetet med att skanna referenspunkter samt då en användare skulle positionsbestämmas. Anledningen till detta var att vi inte ville störa den arbetande personalen. Konsekvenserna av att vi inte ville störa arbetande personal blev att vi inte utmätte referenspunkter eller positionsbestämde användaren i vissa mindre kontorsrum där möten pågick. Vi upplever inte att dessa begränsningar innebär att resultaten påverkades eftersom vi ändå hade tillgång till de merparten av de olika områdena i lokalerna. Resultaten för de två olika testerna beskrivs nedan.

### **11.1 Våningstest hos Uppsala kommun**

När systemet testades i Uppsala Kommuns lokaler på Stationsgatan 12 i Uppsala var ett av två tester som utfördes ett våningstest. Syftet med våningstestet var att undersöka om systemet skulle klara av att skilja på våningsplan vid positionsbestämningen. Testet utfördes på så sätt att referenspunkter utmättes på delar av våningsplan 6 och våningsplan 5 i lokalerna på Stationsgatan 12. Referenspunkterna uppmättes med samma struktur i alla lokaler, i ett rutnär med två meters mellanrum. Där våningstesterna utfördes uppmättes referenspunkterna i områden på de båda våningsplanen som befann sig precis över respektive under varandra. Efter att referenspunkterna var utmätta och inlagda i databasen utfördes positionsbestämning i de områden på våningsplan 6 vars motsvarande område på våning 5 också var representerade i databasen. Därefter analyserades resultatet av positionsbestämningen i dessa områden med syfte att se huruvida positioneringssystemet hade möjlighet att skilja på de olika våningsplanen. I figur 18 presenteras en bild av området Trädgården och området Torget på våningsplan 6. De röda ringarna motsvarar de positioner där användaren befann sig vid en viss tidpunkt. Under ringarna visas ett klockslag som anger vid vilken tidpunkt användaren befann sig vid just den positionen. Under den tid som användaren förflyttade sig mellan dessa positioner utfördes positionsbestämning på en dator som användaren hade med sig under hela tiden. På datorn loggades information om resultaten av varje positionsbestämning kopplat till en specifik tidpunkt. Resultaten av loggningen kan ses i figur 19.



**Figur 18** Våningstest på Uppsala Kommun. De röda ringarna representerar den fysiska positionen som användaren var vid en viss tidpunkt, som presenteras precis under de röda ringarna.



**Logg - våningstest**

```

vaning_6_tradgarden 2018-05-09 12:26:12
vaning_6_tradgarden 2018-05-09 12:26:34
vaning_6_tradgarden 2018-05-09 12:26:56
vaning_6_tradgarden 2018-05-09 12:35:19
vaning_6_tradgarden 2018-05-09 12:35:42
vaning_6_tradgarden 2018-05-09 12:36:04
vaning_6_tradgarden 2018-05-09 12:36:26
vaning_6_tradgarden 2018-05-09 12:36:48
vaning_6_tradgarden 2018-05-09 12:37:11
vaning_6_tradgarden 2018-05-09 12:44:00
vaning_6_torget      2018-05-09 12:44:22
vaning_6_torget      2018-05-09 12:44:44
vaning_6_torget      2018-05-09 12:45:07
vaning_6_tradgarden 2018-05-09 12:45:29
vaning_6_tradgarden 2018-05-09 12:45:51
vaning_6_tradgarden 2018-05-09 12:46:13
vaning_6_torget      2018-05-09 12:46:36
vaning_6_torget      2018-05-09 12:46:58
vaning_6_torget      2018-05-09 12:47:20
vaning_6_torget      2018-05-09 12:47:42
vaning_6_torget      2018-05-09 12:48:05
vaning_6_torget      2018-05-09 12:48:27
vaning_6_torget      2018-05-09 12:48:49
vaning_6_torget      2018-05-09 12:49:12
vaning_6_torget      2018-05-09 12:49:34
vaning_6_tradgarden 2018-05-09 12:52:59
vaning_6_tradgarden 2018-05-09 12:53:21

```

**Figur 19** Logg för våningstest på Uppsala Kommun. Denna logg visar positionen som algoritmen beräknade fram vid olika tidpunkter under våningstestet.

Resultatet av våningstestet går att utläsa vid jämförelse av uppskattad position av systemet vid en viss tidpunkt (se loggen i figur 19) samt verklig position i figur 18. Alla positionsbestämmelser i det här testet gav en position på våning 6. Detta indikerar att systemet har förmåga att skilja på områden på olika våningsplan vilket också var vår förhoppning.

## 11.2 Områdestest hos Uppsala Kommun

Utöver ett våningstest utfördes även ett områdestest. Områdestestet utfördes även det i Uppsala Kommuns lokaler på Stationsgatan 12 i Uppsala. Syftet med områdestestet var att analysera precisionen för positionsbestämningen (se sektion 8). Referenspunkterna som utmättes för våningstestet (se sektion 11.1) användes även för områdestestet men utökades även med referenspunkter för fler områden på våningsplan 6. En bild på testområdet för områdestestet presenteras i figur 20. Samma tillvägagångssätt användes vid områdestestet som vid våningstestet. De röda ringarna och tillhörande klockslag i figur 20 anger användarens position vid ett specifikt klockslag. Positionsbestämning utfördes löpande på en dator som användaren hade med sig vid varje tillfälle. Resultaten för varje positionsbestämning sparades i en logg som går att se i figur 21 och 22. Vid varje röd cirkel i figur 20 stannade användaren i minst en minut. Eftersom positionsbestämningen utfördes löpande på användarens dator är vissa resultat från loggningen resultat som uppkommit under användarens förflyttning mellan olika cirklar i figur 20.



**Logg del 1 - områdestest**

vaning_6_tradgarden	12:55:34
vaning_6_tradgarden	12:55:57
vaning_6_tradgarden	12:56:19
vaning_6_tradgarden	12:56:41
vaning_6_biblioteket	12:57:26
vaning_6_biblioteket	12:57:48
vaning_6_biblioteket	12:58:10
vaning_6_biblioteket	12:58:33
vaning_6_innegarden_biblioteket	12:58:55
vaning_6_innegarden_biblioteket	12:59:17
vaning_6_innegarden_biblioteket	12:59:39
vaning_6_biblioteket	13:00:02
vaning_6_biblioteket	13:00:24
vaning_6_biblioteket	13:00:47
vaning_6_galleriet	13:01:09
vaning_6_galleriet	13:01:31
vaning_6_galleriet	13:01:53
vaning_6_galleriet	13:02:16
vaning_6_galleriet	13:02:38
vaning_6_galleriet	13:03:00
vaning_6_galleriet	13:03:23
vaning_6_galleriet	13:03:45

**Figur 21** Logg del 1 efter områdestest på Uppsala Kommun. Denna logg visar positionen som algoritmen beräknade fram vid olika tidpunkter under områdestestet.

**Logg del 2 - områdestest**

vaning_6_galleriet_drop_in_mot_hissen	13:04:07
vaning_6_galleriet_drop_in_mot_hissen	13:04:30
vaning_6_galleriet	13:04:52
vaning_6_galleriet	13:05:14
vaning_6_galleriet	13:05:37
vaning_6_galleriet	13:05:59
vaning_6_galleriet_konferens	13:06:21
vaning_6_galleriet_konferens	13:06:44
vaning_6_galleriet_konferens	13:07:06
vaning_6_galleriet_konferens	13:07:28
vaning_6_torget	13:07:51
vaning_6_torget	13:08:13
vaning_6_torget	13:08:35
vaning_6_torget	13:08:57
vaning_6_torget	13:09:20
vaning_6_torget	13:09:42
vaning_6_tradgarden	13:10:26
vaning_6_tradgarden	13:10:49
vaning_6_torget	13:11:11
vaning_6_tradgarden	13:11:33
vaning_6_tradgarden	13:11:56
vaning_6_tradgarden	13:12:18
vaning_6_tradgarden	13:12:40
vaning_6_tradgarden	13:13:03
vaning_6_tradgarden	13:13:25
vaning_6_tradgarden	13:13:47
vaning_6_tradgarden	13:14:10
vaning_6_tradgarden	13:14:32
vaning_6_tradgarden	13:14:54

**Figur 22** Logg del 2 efter områdestest på Uppsala Kommun. Denna logg visar positionen som algoritmen beräknade fram vid olika tidpunkter under områdestestet.

Vid analys av loggarna i figur 21 och 22 i förhållande till kartan i figur 20 uppkommer ett par poster i loggen som är viktiga att uppmärksamma. Vi kan se en tydlig felpositionering. Den uppkommer vid tidpunkt 13:11:11 i del 2 av loggen och motsvaras av cirkeln med tidpunkt 13:11 i figur 20. Användarens position är tydligt i området Trädgården men positionsbestämningen resulterade i positionen Torget. Det är den enda uppenbara felpositioneringen som går att utläsa ur områdestestet.

Utöver en uppenbar felpositionering går det att utläsa några felpositioneringar då användaren befinner sig precis vid en gräns mellan två områden. Några exempel på detta är: Positionsbestämningarna med tidpunkter mellan 13:01 och 13:02 i del 1 av loggen.

Användarens position motsvaras i dessa fall av cirkeln i figur 20 med tidpunkt 13:01 angav att användaren befann sig i Galleriet. Användarens verkliga position var i dessa fall området Biblioteket men precis på gränsen till området Galleriet. Ett annat liknande exempel går att finna vid tidpunkterna mellan 13:05 och 13:06 i del 2 av loggen. Användarens position motsvaras i dessa fall av cirkeln i figur 20 med tidpunkt 13:05. Användarens position bestäms under detta tidsintervall till området Galleriet. Användarens verkliga position var i området *Galleriet-konferens* men precis på gränsen till området Galleriet (se figur 20).

Utöver ett uppenbart felaktigt resultat och ett fåtal felpositioneringar som berodde på att användaren befann sig inom fem meter från gränslinje mellan två områden gav systemet för positionsbestämning enbart korrekta resultat. Totalt gjordes 51 stycken positionsbestämningar vid områdestestet. Ett fall av tydlig felpositionering innebär att vid ungefär 98% av fallen vid områdestestet gav positionsbestämningen ett resultat med mindre felmarginal än fem meter. Tas fallen med felpositioneringar inom fem meter mot en gränslinje med i beräkningarna sjunker procentsatsen till ungefär 85% korrekta positionsbestämmelser vid detta områdestest.

## 12 Diskussion

Eftersom detta projekt har utförts i samarbete med Uppsala Kommun har målsättningen genom hela projektet varit att utveckla ett system som de med så lite extra arbete som möjligt ska kunna integrera på deras arbetsplats. Processen för att integrera egenskriven kod, som den kod vi skrivit klassificeras som, i Uppsala Kommuns system består av många undersökningar och beslutsprocesser och är således en tidskrävande process. Vi har hela tiden varit medvetna om det och att det även i ett eventuellt fall med perfekta testresultat inte skulle ha varit säkert att detta system kommer att användas av Uppsala Kommun. Därav får detta projekt i vissa avseenden ses som ett “proof of concept” där vi visar på fördelarna som kan erhållas med ett system för inomhuspositionering på aktivitetsbaserade arbetsplatser. På grund av att angreppssättet i viss mån varit av typen “proof of concept” är vår förhållning till de integritets- och säkerhetsmässiga aspekterna vid inomhuspositionering, beskrivna i sektion 2.5, som följer.

Ur ett säkerhetsmässigt perspektiv anser vi att den viktigaste funktionen vi kan bidra med är att medarbetare ska ha möjlighet att inte visa sin position. Att databasen samt systemet i övrigt är väl skyddat mot angrepp är även det viktigt men då Uppsala Kommun redan har befintliga databaser på egna servrar, vilka de även skulle använda som databas för ett positioneringssystem, anser vi att informationssäkerheten rörande databasen tillkommer Uppsala Kommun att hantera.

Ur ett etiskt perspektiv är vår ståndpunkt att syftet med det här systemet för inomhuspositionering är att det ska underlätta för medarbetarna. Alternativet är att det används som en form av maktmedel av till exempel företagsledningen för att öka kontrollen över medarbetarna.

Utifrån den nya lagen, GDPR (se sektion 2.5.3), har vi försökt utveckla systemet för att det på ett så bra sätt som möjligt ska uppfylla den nya lagen. Den kritiska delen i systemet är att sambandet mellan en person och en plats kommer lagras i en databas och sedan presenteras för deras kollegor. Därför bör alla anställda dels kunna välja att inte finnas med i systemet över huvud taget och dels kunna välja att deras plats inte ska visas för andra. De personuppgifter som då hanteras är namn och avdelning på arbetsplatsen. Då systemet ställer dessa krav på samtycke uppfylls kraven mot GDPR i det avseendet.

Frågan om en integrering av detta system kan stöta på synpunkter från olika fackföreningar har vi ingen uppfattning om. Det är vår ståndpunkt att valfriheten för medarbetare och personal att använda systemet är ett val som måste erbjudas av företagsledningen eller organisationsledningen. Därmed blir också eventuella fackliga motsättningar en fråga för de personer i organisationen som beslutar om en eventuell användning av systemet.

## 13 Slutsatser

Vi har utvecklat ett system för inomhuspositionering med syfte att användas på aktivitetsbaserade arbetsplatser. Systemet kan positionsbestämma en användare på ett område i en lokal med en felmarginal på cirka fem meter. Enligt vår intressent, Uppsala Kommun, är detta en godtagbar precision för att systemet ska vara användbart på deras arbetsplatser. Målet med projektet har varit att underlätta för personal som arbetar på aktivitetsbaserade arbetsplatser att lokalisera varandra. Enligt de tester som vi har utfört kan det system som vi har utvecklat vara en hjälp i det avseendet. Då detta system är känsligt för variationer i både nätverksmiljö och fysisk struktur bör systemet testas i fler typer av både byggnader och nätverksmiljöer för att det ska vara möjligt att göra en exakt utvärdering av systemets prestanda.

Sammanfattningsvis är vi nöjda med systemets utformning och anpassning till de krav som fastställdes vid projektets början. Systemet erbjuder en möjlighet att integrera ett fungerande inomhuspositioneringssystem på en arbetsplats och kräver inte någon extra hårdvara förutom en befintlig internetmiljö. För att förbättra systemet ytterligare finns många möjliga vidareutvecklingar som innefattar både presentationen av informationen i webbapplikationen samt precisionen i positionsbestämningen. Förhoppningsvis kan detta projekt ses både som ett “proof of concept” och eventuellt en grund för ett system

som ska kunna fungera på en verklig arbetsplats.

## 14 Framtida arbete

På grund av en begränsad tidsram för det här projektet finns många möjligheter till vidareutveckling av de olika delsystemen som ingår i detta system.

En möjlig vidareutveckling är att varje referenspunkt kan lagra information om fler angränsande åtkomstpunkter. Fler lagrade åtkomstpunkter för varje referenspunkt skulle leda till bättre förutsättningar för att kunna göra positionsbestämningen mer exakt. En annan möjlig vidareutveckling för att förbättra precisionen i positionsbestämningen är utföra skanningen av en och samma referenspunkt flertalet gånger och med olika typer av hårdvara. För att kunna göra detta måste skanningsapplikationen utökas med stöd för fler typer av enheter speciellt för iOS. Ett annat förslag på vidareutveckling skulle kunna vara att utveckla algoritmen för positionsbestämningen så att fler positionsbestämningsskanningar inkluderas. Om fler skanningar inkluderas ges en större möjlighet att anpassa systemet till olika typer av byggnader där systemet kan tänkas användas.

I en eventuell senare version av systemet bör skriptet installeras på alla godkända användares enheter och startas så fort användaren loggar in. Då skulle skriptet kunna läsa av dessa användaruppgifter och köra positionsbestämningen och populeringen av databasen i bakgrunden. Om detta implementeras skulle användandet av systemet kunna ske helt utan interaktion med användaren. Denna eventuella framtida funktionalitet anser vi bör vara individuellt utformad efter en specifik användares behov. Därmed nöjer vi oss i vår “proof of concept” version att be användaren om ett användarnamn.

En specifik vidareutveckling utifrån vår intressents perspektiv vore att integrera presentationen av positionsinformationen med intressentens interna medarbetarportal. Denna integrering skulle göra att medarbetarna på Uppsala Kommun inte skulle behöva använda någon annan webbtjänst än den de redan använder idag. Ytterligare en vidareutveckling gällande presentationen av positioneringsinformationen är att föra historik över var beläggningen är som störst under vilka tidsperioder. En funktionalitet som vi ämnade utveckla var att göra det möjligt att se hur beläggningen ser ut i realtid för olika arbetsområden, därmed skulle medarbetare se var det finns gott om lediga arbetsplatser. Tyvärr hade vi på grund av tidsbrist inte möjlighet att utveckla denna ytterligare funktionalitet men vi skulle prioritera den högt i ordningen av framtida vidareutvecklingar. Databasen kan i nuläget inte hantera vissa tecken. I en eventuell vidareutveckling av systemet bör detta åtgärdas.



## Referenser

- [1] V. Agrawal, “How to submit an ios app to the app store,” <https://code.tutsplus.com/tutorials/how-to-submit-an-ios-app-to-the-app-store--mobile-16812>, accessed: 2018-05-06, Published: 2017-09-07.
- [2] B. Cook, G. Buckberry, I. Scowcroft, J. Mitchell, and T. Allen, “Indoor location using trilateration characteristics,” in *Proc. London Communications Symposium*. Citeseer, 2005, pp. 147–150.
- [3] Datainspektionen, “Introduktion till dataskyddsförordningen,” <https://www.datainspektionen.se/dataskyddsreformen/dataskyddsförordningen/introduktion-till-dataskyddsförordningen/>, accessed: 2018-04-20.
- [4] Django, “General,” <https://docs.djangoproject.com/en/2.0/faq/general/#does-django-scale>, accessed: 2018-05-07.
- [5] —, “Security in django,” <https://docs.djangoproject.com/en/2.0/topics/security/>, accessed: 2018-04-22.
- [6] P. S. Foundation, “The python standard library,” <https://docs.python.org/3/library/index.html>, accessed: 2018-05-12.
- [7] Google, “Publish your app,” <https://developer.android.com/studio/publish/>, accessed: 2018-05-06, Last updated: 2018-04-16.
- [8] J. Jun, L. He, Y. Gu, W. Jiang, G. Kushwaha, A. Vipin, L. Cheng, C. Liu, and T. Zhu, “Low-overhead wifi fingerprinting,” *IEEE Transactions on Mobile Computing*, vol. 17, no. 3, pp. 590–603, 2018.
- [9] L. S. Järholm, “Aktivitetskontor passar inte alla,” <https://www.svt.se/nyheter/lokalt/vasterbotten/aktivitetskontor-passar-inte-alla>, accessed: 2018-04-19.
- [10] kotlinlang.org, “Statically typed programming language for modern multiplatform applications,” <https://kotlinlang.org/>, accessed: 2018-05-12.
- [11] P. Litwin, “Fundamentals of relational database design,” in *NYU Symposium on Data Base Design Techniques*, 2003.
- [12] G. Lui, T. Gallagher, B. Li, A. Dempster, and C. Rizos, “Differences in rssi readings made by different wi-fi chipsets: A limitation of wlan localization,” pp. 53 – 57, 07 2011.

- [13] D. Lymberopoulos, J. Liu, X. Yang, R. R. Choudhury, V. Handziski, and S. Sen, "A realistic evaluation and comparison of indoor location technologies: Experiences and lessons learned," in *Proceedings of the 14th international conference on information processing in sensor networks*. ACM, 2015, pp. 178–189.
- [14] I. Marcus Hallberg, "Vad innebär gdpr," <https://www.ibm.com/blogs/think/se-sv/2016/12/13/varfor-alla-pratar-om-gdpr-del-2-vad-innebar-gdpr/>, accessed: 2018-04-20.
- [15] Materialize, "Material design," <https://materializecss.com/about.html>, accessed: 2018-05-14.
- [16] Y. Matsubara and G. contributors, "Pymysql: User guide," <https://pymysql.readthedocs.io/en/latest/user/index.html>, accessed: 2018-05-14.
- [17] MetaGeek, "Understanding rssi," <https://www.metageek.com/training/resources/understanding-rssi.html>, accessed: 2018-05-14.
- [18] Microsoft, "Configure presence in skype for business online," <https://docs.microsoft.com/en-us/SkypeForBusiness/set-up-skype-for-business-online/configure-presence-in-skype-for-business-online>, accessed: 2018-05-14.
- [19] —, "Configure the location database in skype for business server 2015," <https://docs.microsoft.com/en-us/skypeforbusiness/deploy/deploy-enterprise-voice/configure-the-location-database>, accessed: 2018-04-06.
- [20] —, "Skype for business online," <https://docs.microsoft.com/en-us/SkypeForBusiness/skype-for-business-online>, accessed: 2018-04-19.
- [21] —, "Skype for business server," <https://docs.microsoft.com/en-us/SkypeForBusiness/plan-your-deployment/network-requirements/network-requirements>, accessed: 2018-04-19.
- [22] National Coordination Office for Space-Based Positioning, "GPS Accuracy," <https://www.gps.gov/systems/gps/performance/accuracy/>, accessed: 2018-04-06.
- [23] —, "How GPS work," <https://www.gps.gov/multimedia/poster/poster.txt>, accessed: 2018-04-08.
- [24] C. Rizos, A. G. Dempster, B. Li, and J. Salter, "Indoor positioning techniques based on wireless lan," 2007.
- [25] A. Sinicki, "Developing for android vs developing for ios," <https://www.androidauthority.com/developing-for-android-vs-ios-697304/>, accessed: 2018-05-06, Published: 2016-06-09.

- [26] M. Stjärne, “Aktivitetsbaserade arbetsplatser i offentlig sektor,” <https://webbutik.skl.se/bilder/artiklar/pdf/7585-208-9.pdf?issuusl=ignore>, accessed: 2018-04-15.
- [27] Z. Tian, X. Tang, M. Zhou, and Z. Tan, “Fingerprint indoor positioning algorithm based on affinity propagation clustering,” *EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking*, vol. 2013, no. 1, p. 272, 2013.
- [28] tutorials point, “Sql tutorial,” <https://www.tutorialspoint.com/sql/index.html>, accessed: 2018-05-14.
- [29] S. Yiu, M. Dashti, H. Claussen, and F. Perez-Cruz, “Wireless rssi fingerprinting localization,” *Signal Processing*, vol. 131, pp. 235–244, 2017.
- [30] G. Zanca, F. Zorzi, A. Zanella, and M. Zorzi, “Experimental comparison of rssi-based localization algorithms for indoor wireless sensor networks,” in *Proceedings of the workshop on Real-world wireless sensor networks*. ACM, 2008, pp. 1–5.
- [31] D. Zeinalipour-Yazti and C. Laoudias, “The anatomy of the anyplace indoor navigation service,” <https://anyplace.cs.ucy.ac.cy/>, accessed: 2018-04-15.